THESIS LEIDEN 1913 4930

Verdere graphische onderzoekingen over de acustische verschijnselen van het hart in normale en pathologische omstandigheden.

LEESMUSEUM AMSTERDAM. M

P. J. T. A. BATTAERD.

LANE
MEDICAL LIBRARY
SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
SEMPER VIRENS
1885

Gift
of Mr. William Wreden

F·G·KOSTER·BOEKBINDER·
AMSTERDAM

4930
LANE LIBRARY. STANFORD UNIVERSITY
LEESMUSEUM AMSTERDAM
M

VERDERE GRAPHISCHE ONDERZOEKINGEN

OVER DE

ACUSTISCHE VERSCHIJNSELEN VAN HET HART IN NORMALE EN PATHOLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN.

LEESMUSEUM AMSTERDAM

M

Boek- en Steendrukkerij Eduard IJdo. — Leiden.

Verdere graphische onderzoekingen over de acustische verschijnselen van het hart in normale en pathologische omstandigheden.

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE LEIDEN, OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS DR. G. JELGERSMA, HOOG-LEERAAR IN DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE, VOOR DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE TE VERDEDIGEN OP **DINSDAG 2 DECEMBER 1913** DES NAMIDDAGS TE 3 UUR DOOR **PETRUS JOHANNUS THEODORUS AUGUSTUS BATTAERD**, GEBOREN TE PADANG.

LEIDEN. — EDUARD IJDO. — 1913.

M
LEESMUSEUM

AAN MIJNE OUDERS.

M

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/verderegraphisch0000pjta

Het verschijnen van dit proefschrift is mij een welkome gelegenheid U, Hoogleeraren en Oud-Hoogleeraren der medische en philosophische Faculteiten, mijn erkentelijkheid te betuigen voor het van U genoten onderwijs.

In het bijzonder U, Hooggeleerde EINTHOVEN, *Hooggeachte Promotor, ben ik zeer dankbaar voor de belangstelling en bereidwilligheid, waarmede gij mij behulpzaam waart bij het vervaardigen van dit proefschrift; meer nog voor Uwe leiding bij het experimenteel onderzoek en den hartelijken omgang gedurende de jaren, dat ik Uw assistent mocht zijn. Steeds waart gij bereid mij met raad en daad bij te staan, ook waar het particuliere belangen betrof.*

Hooggeleerde JELGERSMA, *U dank ik voor hetgeen ik als Uw assistent van U heb mogen leeren. De tijd onder Uwe leiding doorgebracht zal steeds als een aangename bij mij in herinnering blijven.*

Ook U, Hooggeleerde VAN DER HOEVEN, *ben ik erkentelijk voor den, zij het ook korten tijd, dien ik in Uw kliniek heb doorgebracht.*

U, Hooggeleerde NOLEN, *en U* DR. VAN DER KOLK *en* DR. BLÖTE, *dank ik voor den steun, dien ik van U heb ondervonden. Door mij Uwe patienten af te staan, hebt Gij er belangrijk toe bijgedragen, den voortgang van mijn onderzoek te bespoedigen.*

Verder dank ik U, mijn medearbeiders in het physiologisch Laboratorium, die mij bij het vervaardigen der talrijke photogrammen Uw vriendschappelijke hulp hebt verleend.

Ik roep U allen bij mijn vertrek naar Zuid-Afrika een hartelijk vaarwel toe.

INHOUD.

		Bldz.
I.	Inleiding	1
II	Methode van onderzoek	5
III.	De normale hartstonen	15
	1. De drie afdeelingen van den eersten toon	15
	2. Frequentie der trillingen	20
	3. Variaties in het karakter van den toon	24
	4. De tijdsverhoudingen der hartstonen	31
IV.	Extrasystole's en atypische kamercontracties.	37
	1. Extrasystole's	37
	2. Atypische kamercontracties	39
V.	Systolische geruischen	50
VI.	Versterkte tweede toon en diastolische geruischen	54
	1. Versterkte tweede toon	54
	2. Diastolische geruischen	55
VII.	Cardiophonographie bij voorkamerfibrillatie	62
VIII.	De gelijktijdige registreering van twee cardiophonogrammen	68
IX.	Slotbeschouwingen	73

I. Inleiding.

Hoewel men reeds sinds geruimen tijd in staat is, de menschelijke hartstonen te registreeren, heeft deze methode van onderzoek tot voor korten tijd nog betrekkelijk weinig vruchten afgeworpen voor de kliniek en de nadere kennis van de hartswerking in het algemeen.

De eerste graphische voorstellingen der hartstonen dateeren reeds van bijna 20 jaar geleden [1]). Toen werd de capillair-electrometer gebruikt, om de potentiaalschommelingen af te beelden, die door het geluid der hartstonen in een doelmatig geplaatste mikrophooninrichting werden voortgebracht. Later werd de capillair-electrometer door den snaargalvanometer vervangen [2]). Deze is beter in staat dan de capillair-electrometer om snelle schommelingen in spanning of stroom aan te

---

[1]) W. Einthoven und M. A. J. Geluk. Die Registrierung der Herztöne. Pflüger's Arch. Bd. 57, p. 617, 1894, en „Onderzoekingen Physiol. Laborat. Leiden" 2e Reeks II. Vroegere onderzoekingen als die van Hürthle, Ueber die Erklärung des Cardiogramms mit Hilfe der Herztonmarkierung und über eine Methode zur mechanischen Registrierung der Töne, Deutsche mediz. Wochenschr. 1893 N°. 4, hadden slechts ten doel, het tijdstip te registreeren, waarop de toon begint.

[2]) W. Einthoven (unter Mitwirkung von A. Flohil und P. J. T. A. Battaerd). Die Registrierung der menschlichen Herztöne mittels des Saitengalvanometers, Pflüger's Arch. Bd. 117, p. 461, 1907, en „Onderzoekingen Physiol. Laborat. Leiden" 2de Reeks VII.

wijzen en geeft in zijn krommen een getrouwer beeld van de trillingen, waaruit de hartstonen zijn samengesteld.

Er zijn nog een aantal andere methoden ter registreering der hartstonen toegepast. Wij herinneren aan de methoden van Hürthle[1]), von Holowinski[2]), Otto Frank[3]), Otto Weiss[4]), Gerhartz[5]), en anderen. In de werken der beide laatst geciteerde schrijvers vindt men uitvoerige beschrijvingen van het werk van vroegere onderzoekers, vooral door Gerhartz wordt de literatuur, die over het onderwerp bestaat, zoo goed als volledig genoemd. Wij mogen ons daarom ontslagen achten van de taak, opnieuw een historisch overzicht samen te stellen.

Maar wij meenen hier toch de vraag ter sprake te moeten brengen, waarom de praktische toepassing der eenmaal uitgewerkte methoden nu na 20 jaar nog zoo weinig is gevorderd.

In hoofdzaak zijn de samengesteldheid der methoden zelve en de eischen van technische vaardigheid, die daarbij aan de onderzoekers worden gesteld, hieraan schuld. Het gebruik van den capillair-electrometer brengt groote bezwaren met zich. Dit instrument laat den waarnemer dikwijls op het oogenblik, dat hij het moet gebruiken, in den steek. De kwikmeniscus beweegt zich dan moeilijk of in het geheel niet meer in de capillaire

---

[1]) Hürthle, Zur unmittelbaren Registrierung der Herztöne, Zentralbl. f. Physiol. Bd. 18 S. 617, 1904.

[2]) A. v. Holowinski, Arch. de physiol. norm. et pathol. 5. Sér. T. 8, p. 893, 1896.

[3]) Otto Frank, Münchener mediz. Wochenschr. 51. Jahrg. N°. 22, 1904.

[4]) Otto Weiss, Phonocardiogramme, 1909.

[5]) H. Gerhartz. Die Registrierung des Herzschalles, 1911.

buis: het instrument hokt, of is „sticky", zooals Burch zich heeft uitgedrukt.

De vervanging van den capillair-electrometer door den snaargalvanometer heeft het werk belangrijk vergemakkelijkt. Hoewel het laatste werktuig kostbaar is en een geschoold personeel voor zijn hanteering vereischt, is het reeds in vele klinieken aanwezig, waar het ten behoeve van het electrocardiographisch onderzoek dienst doet. Hetzelfde instrument zou in dezelfde klinieken dus schijnbaar zonder eenig bezwaar ook voor cardiophonogrammen kunnen worden gebruikt, en toch zien wij dit slechts bij uitzondering gebeuren.

Dit moet eensdeels worden verklaard uit de omstandigheid, dat de techniek van het schrijven van hartstonen nog eenigszins verschilt van die der electrocardiographie. Zij moet dus nog op zich zelf worden gekend. Anderdeels moeten wij daarmede rekening houden, dat tot nog toe het E. K. G. meer gegevens omtrent de hartswerking heeft verschaft dan het cardiophonogram. Er zijn zelfs een aantal bijzonderheden der hartswerking, die alleen door het electrocardiographisch onderzoek aan het licht kunnen worden gebracht.

De cardiophonographie is heden ten dage nog niet zoo ver gevorderd als de eerstgenoemde methode van onderzoek. Maar wij hopen in dit proefschrift toch te kunnen aantoonen, dat zij meer waarde heeft, dan men wellicht bij oppervlakkige beoordeeling zou meenen.

Een van de moeilijkheden bij de beoordeeling van cardiophonogrammen is gelegen in het aangeven van de juiste phase der hartsperiode, waarin de toon of het geruisch zich vertoont. Dit is vooral dan een bezwaar, wanneer de hartswerking onregelmatig is en het karakter van overeenkomstige tonen verschillen aanwijst. Wellicht

is daardoor de algemeene toepassing der cardiophonographie in de kliniek belangrijk vertraagd geworden.

Een voortreffelijk middel, om dit bezwaar te overwinnen, is het gelijktijdig registreeren van hartstonen en E. K. G. Men kan hiertoe in dezelfde kromme de hartstonen op het E. K. G. superponeeren, zooals door Kahn, Fahr en anderen is geschied. Maar doeltreffender is het, twee afzonderlijke krommen tegelijkertijd op de photographische plaat te registreeren. Dit is 't eerst uitgevoerd door Lucien Bull in het Institut Marey te Parijs, later ook nog wel beproefd door anderen, maar juist onlangs met bijzonder veel succes klinisch toegepast door Th. Lewis[1]).

Wij hadden in het Leidsche Laboratorium reeds sinds geruimen tijd naar een soortgelijke methode gewerkt, maar de publicatie van het onderzoek werd door verschillende omstandigheden vertraagd. Thans beschikken wij over een groote verzameling van photogrammen, waarop beide soorten van krommen gelijktijdig zijn opgenomen. Slechts eenige weinige daarvan kunnen in dit proefschrift worden gereproduceerd. Zij bevestigen de uitkomsten van Lewis en breiden ze op vele punten uit.

---

[1]) Th. Lewis. Illustrations ot heart sounds. Quarterly Journal of Medecine, Vol VI, N°. 24, 1913.

Id. The time relations of heart sounds and murmurs, with special reference to the acoustic signs in mitral stenosis. Heart, Vol. IV, N°. 3, 1913.

II. **Methode van onderzoek**

Ofschoon de methode, die wij bij het registreeren der hartstonen hebben toegepast, geheel overeenkomt met die, welke in het laboratorium sinds vele jaren gebruikelijk is, zoo schijnt het ons toch wenschelijk toe, eenige bijzonderheden hier nog nader te vermelden. Want het is ons gebleken, dat vele onderzoekers bij de uitvoering hunner cardiophonographische waarnemingen moeilijkheden hebben ondervonden, die waarschijnlijk door kleine technische onvolkomenheden der door hen gebruikte toestellen of schakelingen moeten worden verklaard.

In de eerste plaats zij gewezen op de spanning der snaar, die steeds zoo hoog mogelijk moet worden opgevoerd. Het spreekt vanzelf, dat men daarbij niet zoover gaat, dat de snaar gevaar loopt te breken.

De bedoeling van het strakke spannen der snaar kan gemakkelijk worden duidelijk gemaakt Wij behoeven de theorie van het weergeven van stroomschommelingen in het algemeen hier niet uitvoerig te behandelen. Zij kan worden afgeleid uit de vroeger reeds gepubliceerde theoretische beschouwingen [1]) en zal, door een aantal in

[1]) Weitere Mitteilungen über das Saitengalvanometer. Analyse der saitengalvanometrischen Kurven. Masse und Spannung des Quarzfadens und Widerstand gegen die Fadenbewegung. Annalen der Physik, IV. Folge, Bd. 21, 1906. Zie ook „Onderzoekingen Physiol. Laborat. Leiden." 2e Reeks VI.

het laboratorium uitgevoerde experimenten gestaafd, bij een latere gelegenheid nog afzonderlijk worden behandeld, maar een paar woorden ter toelichting zijn toch hier niet misplaatst.

Als de snaar zeer sterk gespannen is en haar uitslag in korten tijd volbrengt, zal zij stroomschommelingen van een zekere, niet te groote frequentie in de juiste verhoudingen der stroomsterkten weergeven. Hoe korter de snaar en hoe sterker haar spanning is, hoe snellere stroomschommelingen nog nauwkeurig kunnen worden afgebeeld.

Is de beweging der snaar niet aperiodisch, dan moet haar eigen periode belangrijk kleiner zijn, dan de periode der stroomschommelingen, die worden geregistreerd.

Neemt men deze voorzorgen niet in acht en spant men de snaar slechts zwak, dan zullen stroomschommelingen van matige frequentie, bijvoorbeeld die, welke door de hoorbare hartstonen in de mikrophoon worden teweeggebracht, kleine uitslagen veroorzaken, terwijl langzame schommelingen van even groote amplitude de snaar sterk zullen doen uitwijken.

Het beeld van den hartstoon wordt zoodoende misvormd. En dit is van temeer beteekenis, daar men ook rekening dient te houden met de eigenschappen van het menschelijk oor. Voor tonen van 1000 en 1500 trillingen per seconde is het oor het gevoeligst, terwijl de gevoeligheid zoowel voor hoogere als voor lagere tonen regelmatig en snel afneemt.

Reeds bij vroegere gelegenheden zijn deze omstandigheden [1]) ter sprake gekomen. Toen werd reeds gewezen

---

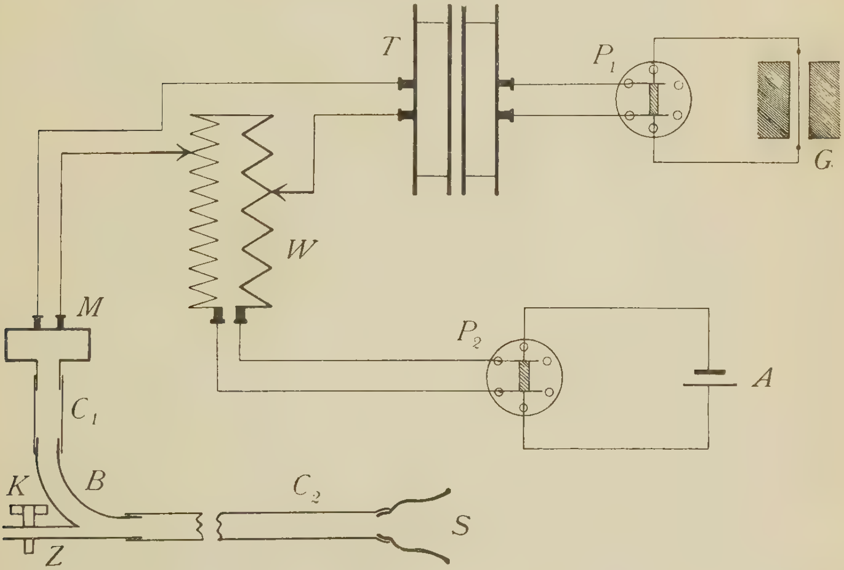
[1]) Zie verschillende opstellen in „Onderzoekingen Physiol. Laborat. Leiden." 2de Reeks.

op het gebruik van eene korte snaar, die zóó strak gespannen kon worden, dat haar eigen trillingen gemakkelijk tot meer dan 3000 perioden per seconde konden worden opgevoerd.

Terwijl voor het registreeren van normale hartstonen een dergelijke frequent trillende snaar in den regel wel niet noodig zal zijn, zou zij allicht een voordeel kunnen afwerpen, telkens wanneer bepaalde soorten van sissende geruischen moeten worden gephotographeerd Wij komen hierop in de volgende hoofdstukken nog nader terug.

Thans mogen eenige regels volgen over de andere deelen van den toestel, in het bijzonder over den transformator en de schakeling der electrische geleidingen. Men vindt deze afgebeeld in fig. 1.

Fig 1.



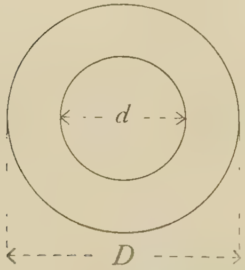
Schakelingsschema. *A*, accumulator; P_1 en P_2, sleutels; *W*, regulеerbare weerstand; *M*, mikrophoon; *S*, stethoscooptrechter; *T*, transformator; *G*, galvanometer.

De mikrophoon M met zijn dreunvrije ophanging naar Prof. Julius, — de op een pijler gefixeerde metalen buis B met het zijstuk Z en den kraan K, — de dunwandige caoutchouc toeleidingsbuizen C_1 en C_2, waarvan de laatste ongeveer 55 cM. lang is, — en de stethoscooptrechter S zijn alle reeds vroeger beschreven.

De primaire en de secundaire klos van den transformator moeten in alle omstandigheden zoo dicht mogelijk over elkaar heen of tegen elkaar aan worden geplaatst. Men zou wel is waar de grootte van de galvanometeruitslagen gemakkelijk kunnen regelen door den secundairen klos op verschillende afstanden van den primairen te schuiven, maar deze regeling is onnoodig, daar zij op andere wijze even gemakkelijk en dan met een bepaald voordeel kan worden tot stand gebracht.

De klossen van den transformator mogen geen ijzerkern hebben, daar deze door haar hysterese de transformeering van snelle trillingen belangrijk zou bemoeilijken. Men neme de klossen niet te klein. De door ons gebruikte hebben den vorm van ronde schijven, die in het midden van een opening zijn voorzien, zie fig. 2.

Fig. 2.



Transformator. D, uitwendige, — d, inwendige diameter.

De uitwendige diameter D bedraagt 24 cM., de inwendige diameter d 13 cM., de dikte der schijf 5 cM.

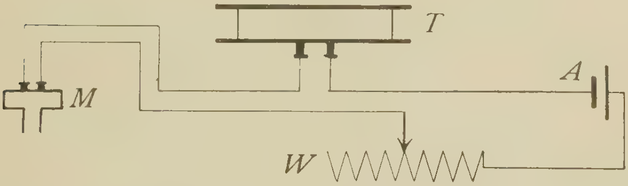
Zijn de afmetingen der schijf eenmaal vastgesteld, dan kieze men de dikte van den geisoleerden koperdraad, waaruit de primaire klos bestaat, zóó, dat zijn weerstand ongeveer gelijk is aan den weerstand der mikrophoon. Hoewel deze uit den aard der zaak zeer veranderlijk is,

kan toch wel met behulp van eenige metingen een gemiddelde weerstand ongeveer worden geschat.

Neemt men verder den weerstand van den secundairen klos van den transformator ongeveer gelijk aan den weerstand der snaar, dan verkrijgt men de gunstigste voorwaarden voor het registreeren der geluiden.

Wij vestigen nu nog in het bijzonder de aandacht op de verbinding van de mikrophoon en den transformator met de stroombron. Met behulp van een spanningsregelaar in den vorm van een verstelbaren weerstand *W* kan de stroom, die van een accumulator door de mikrophoon wordt geleid, doelmatig worden verzwakt en hierdoor wordt men in staat gesteld, de grootte van de snaaruitslagen willekeurig te regelen. Een onvoordeelige wijze, waarop de reguleerweerstand in de keten zou kunnen worden geschakeld, is aangegeven in fig. 3, de beste methode daarentegen is afgebeeld in fig. 1.

Fig. 3.



Onvoordeelige schakeling. *A*, accumulator; *W*, weerstand; *T*, transformator; *M*, mikrophoon.

Wanneer de schakeling van fig. 3 wordt toegepast, verzwakt men niet alleen den stroom, die door de mikrophoon vloeit, maar vermeerdert men ook den weerstand, die in de mikrophoonketen aanwezig is. Deze laatste omstandigheid is oorzaak, *dat bij een bepaalde stroomsterkte in de mikrophoon*, de stroom-

schommelingen, die door geluiden van constante sterkte worden veroorzaakt, geringer worden.

Past men daarentegen de schakeling van fig. 1 toe, dan zal de amplitude van de stroomschommelingen, die door dezelfde geluiden worden veroorzaakt, alleen door de stroomsterkte in de mikrophoon worden bepaald Want de weerstand *W* van fig. 1 is zóó gekozen, dat het deel, dat zich in de mikrophoonketen bevindt, zeer klein is in vergelijking met de som der weerstanden van mikrophoon en transformator.

Men kan de zaak ook aldus uitdrukken, dat bepaalde weerstandsveranderingen der mikrophoon in fig. 3 een kleiner, in fig. 1 een grooter deel van den totalen weerstand der mikrophoonketen uitmaken.

Bij gelijke gevoeligheid der installatie gebruikt men dus volgens de schakeling van fig. 1 een zwakkeren mikrophoonstroom dan volgens de schakeling van fig. 3. En een zwakke stroom heeft dit groote voordeel, dat hij niet reeds uit zichzelf de aanleiding van weerstandsschommelingen in de mikrophoon is. Het is een bekend verschijnsel, dat sterke stroomen dat wel doen, en dat juist daardoor aan het gebruik van groote stroomsterkten bij mikrophooninstallaties grenzen worden gesteld.

Bij het registreeren van hartstonen is in den regel het gebruik van geringe spanningen, bijvoorbeeld van 0,2 tot 0,5 Volt voldoende, en de mikrophoonstroom blijft hierbij, wanneer er geen geluiden klinken, volkomen constant.

De electrische geleiddraden, die de verschillende toestellen met elkaar verbinden, moeten geen vlakken insluiten, waardoor wisselende krachtvelden gaan. Want daardoor zou de rustige aanwijzing van den galvanometer worden verstoord. Wij maken veel van twee-

aderige loodkabels gebruik of, waar deze niet kunnen worden aangelegd, draaien wij de draden, die paarsgewijs bij elkaar behooren, zoovcel mogelijk om elkaar heen. Daar dit niet over de geheele lengte in voldoende mate kan geschieden, mogen zij bovendien tijdens het registreeren niet worden bewogen, daar zij anders een wisselend aantal krachtlijnen van het aardveld zouden kunnen snijden.

De transformator kan niet op dezelfde wijze tegen het doordringen van varieerende krachtvelden worden beschut als de geleiddraden Men houde hem daarom verwijderd van lampen, motoren en andere toestellen, die door wisselstroom worden doorvloeid.

Hoewel het misschien overbodig zou kunnen schijnen, het nadrukkelijk te vermelden, wijzen wij toch nog even op het gevaar, dat men loopt, de snaar te beschadigen, wanneer men den reguleerweerstand W of den sleutel P_2 (fig. 1) hanteert, zonder dat men vooraf den galvanometer uit de keten heeft geschakeld Als vaste regel moet gelden, dat zoodra de galvanometer ingeschakeld is, niemand meer den sleutel P_2 noch den weerstand W aanraakt.

De stethoscooptrechter S (fig. 1) wordt met eenige reepen leucoplast op die plaats van de regio cordis gekleefd, van welke de tonen moeten worden geregistreerd. Men neme de reepen leucoplast breed en in voldoend aantal, om den trechter zoo goed mogelijk luchtdicht met den borstwand te verbinden. Indien de buitenlucht door een kanaal in of onder het leucoplast toegang heeft tot de holte van den trechter, worden de tonen zeer verzwakt naar de mikrophoon overgebracht. Dit verschijnsel verdient onze bijzondere aandacht, omdat een opening elders in de buisleiding, met name bij den kraan K,

geen hinderlijken invloed op de proeven uitoefent. Integendeel verdient het aanbeveling den kraan K zoo wijd mogelijk geopend te houden, welk voorschrift wij bij onze proeven ook steeds hebben in acht genomen.

Meestal werden drie trechters tegelijk op den borstwand van den proefpersoon vastgekleefd: een op de plaats van den ictus, waar de punttonen het best te hooren zijn, de tweede in de tweede intercostaalruimte links, de derde in de tweede intercostaalruimte rechts naast het sternum. De caoutchoucbuis C_2 werd dan achtereenvolgens met elk der trechters verbonden, hetgeen snel en gemakkelijk kon geschieden, terwijl de patient of proefpersoon rustig in dezelfde houding bleef. Hij zat leunende in een stoel, dus met het bovenlijf een weinig achterover hellend.

De ademgeruischen waren dikwijls storend voor het registreeren der hartstonen. Dit geldt minder voor de punttonen dan voor de aorta- en pulmonaaltonen. Het verzoek aan den patient, om voor eenigen tijd zijn adem in te houden, had in den regel geen goede gevolgen, daar hij er dan licht toe kwam, verschillende spieren te spannen en aldus spiergeruischen tusschen de hartstonen te mengen. Met het beste gevolg lieten wij den patient daarentegen diep en frequent ademhalen even vóór het begin der photographische opname. De aldus verkregen apnoea deed de hinderlijke ademgeruischen tijdens de opname zelve geheel of grootendeels verdwijnen.

Om verder ook andere nevengeruischen te vermijden, werd het bovenlijf van den proefpersoon ontbloot, terwijl het vertrek, waarin hij zat, op een belangrijk hoogeren graad dan de gewone kamertemperatuur werd verwarmd. Dit laatste was noodig, om rillingen te voorkomen. Deze

waren soms zoo zwak, dat zij door den waarnemer niet konden worden gezien, terwijl ook de patient zelf zich er niet van bewust werd. Er naar ondervraagd antwoordde deze, dat hij het volstrekt niet koud had, terwijl toch zijn rillingen en bevingen op de geregistreerde krommen duidelijk te voorschijn kwamen. Als voorbeeld van een in de koude opgenomen kromme wijzen wij op fig. 4 van het volgende hoofdstuk.

Neemt men de voorzorgen in acht, die wij in bovenstaande regels hebben beschreven, dan kunnen de hartstonen zoo goed als zuiver worden geregistreerd, zonder dat men bijzondere maatregelen behoeft te nemen, om het vertrek, waarin de patient zich bevindt, van alle van buiten komende geluiden te isoleeren. Het spreekt vanzelf, dat men tijdens de opname het slaan van deuren, het stampen op vloeren en trappen in het gebouw enz. zal tegengaan, maar een opzettelijk aangebrachte geluidvrije kamer is overbodig, zooals uit onze tallooze krommen kan worden bewezen. Deze werden alle midden op den dag in een dicht bij de straat gelegen benedenvertrek opgenomen.

Terwijl de tonen met behulp van den eenen galvanometer werden geregistreerd, werd het E. K. G. opgenomen met behulp van een tweede exemplaar van hetzelfde instrument. Soms hebben wij ook met den eenen galvanometer de punttonen, en met den anderen tegelijkertijd de aorta- of pulmonaaltonen opgenomen.

Voor enkele beschouwingen over de voor- en nadeelen van een dergelijke methode van werken verwijzen wij naar hoofdstuk VIII, waar ook een paar krommen als voorbeeld ter toelichting zijn gereproduceerd.

Over het gelijktijdig gebruik van twee galvanometers zal later nog een uitvoerige publicatie verschijnen. Hier zij slechts vermeld, dat de beide instrumenten achter elkaar waren geplaatst. Het beeld van de eerste snaar werd met behulp van een stel mikroscopen in het veld der tweede snaar geworpen. Een volgend mikroskoop wierp de beelden der beide snaren op de spleet vóór de gevoelige plaat. Op deze wijze werkend behoefden wij slechts één booglamp en één tijdschrijver te gebruiken.

III. De normale Hartstonen.

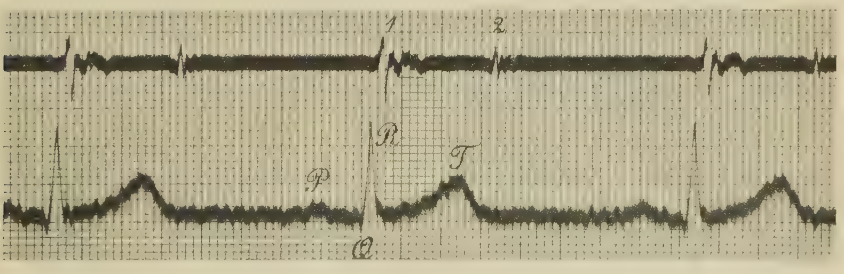
1. De drie afdeelingen van den eersten toon.

Met het oog op de verschillende beschrijvingen, die van de normale hartstonen worden gegeven, schijnt het ons wenschelijk toe, met eenige uitvoerigheid de uitkomsten te vermelden, die het door ons ingestelde onderzoek heeft opgeleverd

De eerste punttoon maakt een afzonderlijke bespreking noodig. Wij onderscheiden daaraan drie deelen, en wel

1°. de begintrillingen, 2°. de hoofdtrillingen, 3°. de eindtrillingen.

Fig. 4.



Bij. — Punttonen en E. K. G. bij afl. I. Absc. 1 schaald. = 0,02 sec.

Niet iedere eerste punttoon vertoont deze drie onderdeelen even duidelijk, maar zij kunnen toch in den

regel wel worden onderscheiden, en wij veroorloven ons in de bijgaande figuren een paar voorbeelden te reproduceeren.

In fig. 4 zien wij de punttonen en het E. K. G. bij afleiding I van *Bij*. Het E. K. G., dat de gewone toppen P, Q, R en T vertoont [1], is beverig, maar het cardiophonogram is in de pauzen zeer strak, zoodat men het begin der initiaaltrillingen scherp kan waarnemen.

Het beverige in het E. K. G. moet worden toegeschreven aan zwakke rillingen, waaraan de proefpersoon tijdens de photographische opname leed. De kromme dateert uit den tijd, dat wij de kamertemperatuur nog niet hoog genoeg opvoerden, om deze onwillekeurige spiertrekkingen geheel te voorkomen. Fig. 4 is vooral bedoeld, om de hartstonen weer te geven en wordt door de bevingen, die in het E. K. G. voorkomen, nauwelijks minder interessant. Integendeel, zij kan dienen om het merkwaardige feit te illustreeren, dat zwakke rillingen van den proefpersoon, die nog niet in staat zijn, de cardiophonographische snaar in beweging te brengen, toch reeds de snaar van het E. K. G. onrustig kunnen maken.

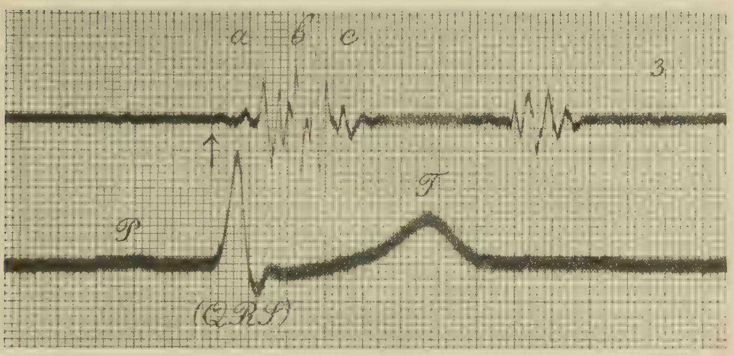
Dat de frequente golven in het E. K. G. van de bovenstaande fig. 4 werkelijk door de rillingen of bevingen van den proefpersoon werden veroorzaakt, kon gemakkelijk worden bewezen. Want werd de kamertemperatuur voldoende verhoogd, dan verdwenen de genoemde golven geheel uit de kromme en werd deze even strak als de E. K. G. van de meeste andere proefpersonen gewoonlijk zijn.

---

[1]) Bij alle in dit proefschrift gereproduceerde E. K. G. vertegenwoordigt 1 schaaldeel eener ordinaat de waarde van 10^{-4} Volt

In fig. 5 zijn de punttonen en het E. K. G. bij afleiding II van L e. gereproduceerd.

Fig. 5.



L e. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Absc. 1 schaald. = 0,01 sec

Het E. K. G. vertoont de toppen *P*, *R*, *S* en *T*, met deze bijzonderheid, dat top *P* buitengewoon laag is. De proefpersoon L e. onderscheidt zich door de groote variatie in hoogte, waarmede zijn voorkamertoppen *P* te voorschijn komen Op denzelfden dag, waarop fig. 5 werd opgenomen, zijn van hem bij dezelfde afleiding *P*-toppen geregistreerd, die 2,5 mM. d. i. $2{,}5 \times 10^{-4}$ Volt hoogte bereiken, en dus ongeveer 6-maal hooger zijn dan de *P* van de bovenstaande kromme.

De drie afdeelingen van den eersten toon zijn met *a*, *b* en *c* in de figuur aangegeven. Wij merken in het cardiophonogram behalve den tweeden nog een zeer zwakken derden toon op. De derde hartstoon was bij dezen proefpersoon in een aantal andere krommen veel duidelijker dan in de hier afgebeelde. Merkwaardig zijn verder de geluidstrillingen, die met de voorkamercontractie samengaan. Zij zijn wel is waar zeer zwak en

gaan vermoedelijk bij de auscultatie voor den waarnemer verloren, maar zij zijn onmiskenbaar aanwezig, en dat de snaarschommelingen op deze plaat niet toevallig zijn, maar inderdaad met de hartswerking samenhangen, kan worden afgeleid uit hun bijna regelmatig optreden. Het aantal der door ons weer te geven figuren zou te groot worden, wanneer wij door de reproductie van nog vele andere krommen den lezer het overtuigend bewijs van onze stelling zouden willen geven.

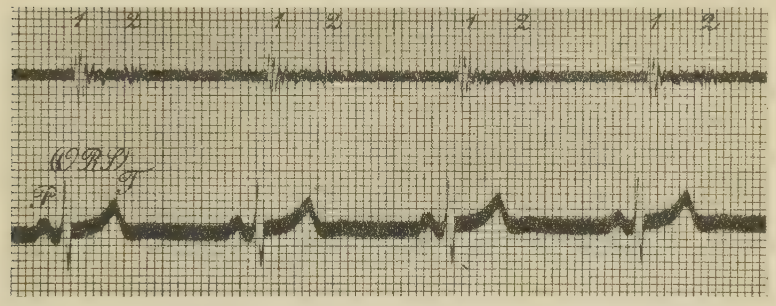
De voorkamertoon, zooals die in bovenstaande figuur te voorschijn komt, kan niet met de begintrillingen van den eersten punttoon worden verward. In een tijd, toen de techniek van het registreeren der hartstonen nog minder ontwikkeld was, hebben sommige onderzoekers zich nog wel de vraag gesteld, of er wellicht eenig verband kon zijn tusschen den voorkamertoon en de begintrillingen van den eersten punttoon. Krommen als de bovenstaande, waarbij de tonen en het E. K. G. gelijktijdig worden geregistreerd, heffen echter allen twijfel, die op dit punt zou hebben kunnen bestaan, volledig op.

Men vindt op andere plaatsen dezer dissertatie nog vele voorbeelden van punttonen weergegeven. Bij de onderlinge vergelijking van de verschillende figuren bedenke men, dat de bewegingssnelheid van de gevoelige plaat verschillend is geweest. De waarde van een schaaldeel der abscissen in fig. 4 is 0,02 sec., in fig. 5 is zij 0,01 sec.

Ook de amplitude der snaartrillingen oefent, zooals wel vanzelf spreekt, invloed uit op den algemeenen indruk, dien het cardiophonogram op den waarnemer maakt. Heeft men met behulp van den spanningsregelaar van fig. 1 de gevoeligheid van de inrichting sterk verminderd, zooals bijvoorbeeld in onderstaande fig. 6,

dan worden bij sommige systole's de begintrillingen van den eersten punttoon zoozeer verkleind, dat zij nauwelijks meer kunnen worden opgemerkt. Heeft men daaren-

Fig. 6.



d. N. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

tegen een hooge spanning bij de mikrophoon gebruikt, dan verkrijgen de hoofdtrillingen van den eersten punttoon zoo groote amplitude, dat de snaar uit het gezichtsveld slaat. De begintrillingen komen dan echter duidelijk voor den dag.

Fig. 7 geeft hiervan een voorbeeld.

Fig. 7.

d. N. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Absc. 1 schaald. = 0.01 sec.

De beide laatste figuren zijn kort na elkaar op denzelfden dag bij een zelfden proefpersoon d. N. opgenomen. Een schaaldeel der abscissen heeft in fig. 6 de waarde van 0,04 sec., in fig. 7 de waarde van 0,01 sec. Het E. K. G. is in beide figuren opgenomen bij afleiding II.

2. Frequentie der trillingen.

Herhaaldelijk is in het Leidsche Laboratorium er op gewezen, dat in het cardiophonogram de toonshoogte van een hartstoon niet kan worden aangegeven, daar de geluiden, zooals die worden geregistreerd, onregelmatig zijn en veel beter met kort durende geruischen dan met muzikale klanken kunnen worden vergeleken.

Men heeft zich bij deze verklaring niet neergelegd. In zijn uitvoerige studie over hartstonen heeft bijv. H. Gerhartz[1]) de trillingen geteld, die voorkomen in een groot aantal systoles van 6 reeksen van cardiophonogrammen, zooals die vroeger in het laboratorium alhier zijn geregistreerd.

Hij komt tot het resultaat, dat voor de eene groep van punttonen het gemiddelde aantal trillingen 39.4 per sec. bedraagt. Voor de andere groep van dezelfde tonen zou dit getal 87.7 zijn, waaruit dan de gemiddelde trillingsfrequentie van alle door ons gepubliceerde eerste punttonen op 55.5 per sec. wordt berekend.

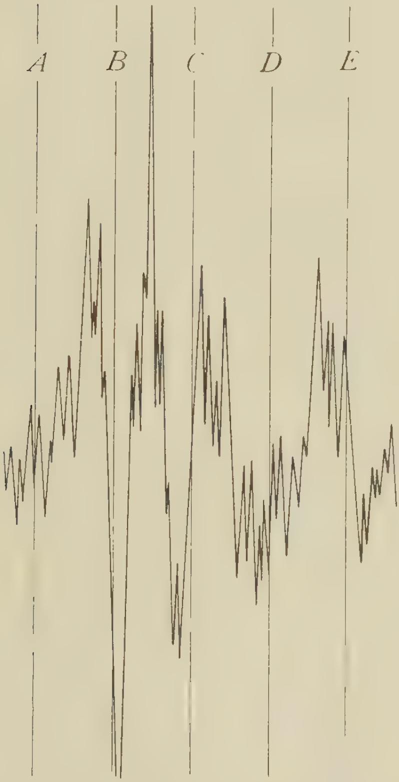
Maar Gerhartz heeft zich laten verleiden om van krommen, zooals die in de gedrukte publicaties zijn gereproduceerd, de trillingen te tellen, in plaats van daartoe directe afdrukken van de oorspronkelijke photo-

1) H. Gerhartz, Herzschallstudien, Pflüger's Arch. Bd. 131, p. 530 en 531.

Id. Die Registrierung des Herzschalles, Berlin 1911, p. 64.

grammen te gebruiken. Meestal bestaan de photographische opnamen uit lijnen, welker dikte zeer varieert, terwijl sommige stukken zoo fijn worden, dat zij in de reproductie geheel verloren gaan. Als voorbeeld geven wij in de onderstaande fig. 8 een ongeveer tien maal vergroote teekening van een klein stukje uit figuur 1 van „Die Registrierung der menschlichen Herztöne mittels des Saitengalvanometers" Pflüger's Arch. Bd. 117. Van laatstgenoemde fig. 1 heeft Gerhartz bij zijn tellingen gebruik gemaakt. De teekening is verkregen door het oorspronkelijke negatief ongeveer 40 maal vergroot op een bord te projecteeren. Op het bord werd een blad teekenpapier bevestigd en hierop werd een lijn getrokken, die nauwkeurig den onderrand van het snaarbeeld volgde. De aldus verkregen teekening, waarin de abscissen, als zijnde voor ons doel overbodig, zijn weggelaten, werd daarop photographisch viermaal verkleind.

Fig 8.



B a. — Stuk uit een eersten punttoon bij 10-voudige vergrooting nageteekend. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

Het oorspronkelijke negatief geeft de punttonen van B a. weer. De eerste punttoon van de zesde systole uit het photogram is op de teekening overgenomen.

Beschouwen wij de teekening nader, dan valt de onregelmatigheid der daarop voorkomende trillingen reeds voldoende in het oog. Tot meerdere verduidelijking geven wij nog in de onderstaande tabel het resultaat van een reeks metingen weer, die betrekking hebben op den tijd, welke tusschen een paar ordinaten B en C verloopt De afstand der ordinaten vertegenwoordigt een tijd van 0.04 seconden.

TABEL.

Op elkaar volgende keerpunten.	Afstand in duizendsten seconden. a	Aantal geheele trillingen per seconde $\frac{1000}{2a}$
1— 2	5.1	98
2— 3	1.3	385
3— 4	1.7	294
4— 5	1.9	263
5— 6	1.9	263
6— 7	0.6	833
7— 8	1.8	278
8— 9	3.1	161
9—10	0.5	1000
10—11	1.8	278
11—12	1.0	500
12—13	2.1	238
13—14	0.5	1000
14—15	3.6	139
15—16	2.4	208
16—17	1.4	357

De omkeerpunten der snaarbeweging zijn in volgorde van ordinaat *B* naar ordinaat *C* toe genummerd en de nummers zijn in de eerste kolom der tabel ingeschreven. In de tweede kolom vindt men de afstanden tusschen telkens twee omkeerpunten, berekend in duizendsten eener seconde. In de derde kolom zijn de toonshoogten vermeld van de tonen, *die zouden worden voortgebracht*, wanneer de daarop volgende omkeerpunten alle in intervallen te voorschijn kwamen, die gelijk waren aan het laatst gemeten interval.

Om vergissingen te voorkomen moeten wij hier vermelden, dat de omkeerpunten in de teekening en de tijden, die in de tabel zijn vermeld, elkaar niet volkomen dekken. De bedoeling, die wij met het publiceeren der teekening hebben gehad, is enkel en alleen het geven van een beeld van de groote samengesteldheid van een hartstoon. Men zoeke er dus niet de uiterst bereikbare nauwkeurigheid in.

Daarentegen zijn de metingen der tabel met alle gewenschte zorg direct aan het oorspronkelijke negatief verricht, waarbij de gewone, bij de mikroscopie gebruikelijke, door Carl Zeiss geleverde meetwerktuigen hebben dienst gedaan.

De onregelmatigheid der trillingen, waarvan de teekening slechts een algemeenen indruk vermag te geven, wordt door de tabel numeriek in het licht gesteld. Nu eens volgen de trillingen zeer snel, dan weer langzamer op elkaar.

Het komt ons voor, dat het nut niet zeer groot kan zijn van het streven, om uit de gevonden getallen een gemiddelde trillingsfrequentie vast te stellen. Een bepaalde trillingsfrequentie correspondeert met een bepaalde toonshoogte, en de onregelmatigdeid van het geluid is

te groot, dan dat het mogelijk zou zijn, om zelfs maar bij benadering, de toonshoogte van een normalen eersten punttoon vast te stellen. Het schijnt ons ook niet de moeite te loonen om de kromme volgens het theorema van Fourier te analyseeren en aldus de trillingsfrequenties der sinusgolven te onderzoeken, waaruit zij gedacht kan worden te zijn opgebouwd.

Ten slotte zij met betrekking tot het vraagstuk der trillingsfrequentie nog opgemerkt, dat de eigen trillingen der mikrophoonmembraan en vooral van een slechts matig gedempte snaar aanleiding kunnen geven tot het op den voorgrond treden van sommige sinustrillingen in het cardiophonogram, die slechts met zeer geringe amplitude in het voortgebrachte geluid zelf zijn vertegenwoordigd. Dit zou nog tot een belangrijke bron van fouten kunnen leiden, zoodat de waarnemer, die op de nauwkeurigheid zijner resultaten prijs stelt, er wel steeds toe zal moeten komen, zijn snaar kort te maken en strak te spannen.

Tot hoever hij in deze richting zou moeten voortgaan, teneinde een juiste wedergave van het geluidsbeeld te kunnen verkrijgen, hebben wij reeds in hoofdstuk II uiteengezet. Wij komen daarop thans niet meer terug.

3. Variaties in het karakter van den toon.

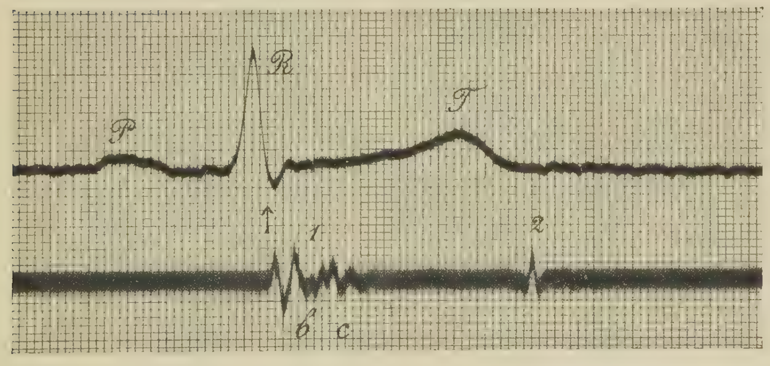
Beziet men een aantal cardiophonogrammen van een zelfden persoon, dan valt het op, dat de krommen dikwijls zoozeer op elkaar gelijken, dat de eene wel voor een copie van de andere zou kunnen doorgaan. Ja, soms is men zelfs bij nauwkeurige meting niet in staat, om tusschen twee gelijknamige tonen, hoe schijn-

baar grillig en onregelmatig de vorm hunner kromme ook moge zijn, eenig verschil aan te toonen.

Toch is, zooals reeds vroeger door ons werd opgemerkt, de vorm van het cardiophonogram bij lange na niet zoo constant als van het E. K. G. Wordt het onderzoek bij denzelfden persoon op verschillende tijden verricht, of wordt de stethoscooptrechter eenige millimeters in de regio cordis verplaatst, dan vertoont het cardiophonogram dikwijls een geheel ander beeld. Dit kon wellicht worden verwacht. Maar treffender is, dat men ook dikwijls bij een proefpersoon veranderingen moet constateeren in het cardiophonogram van twee onmiddellijk op elkaar volgende hartscontracties, die volgens hun E. K. G. geen of althans geen sprekende verschillen vertoonen.

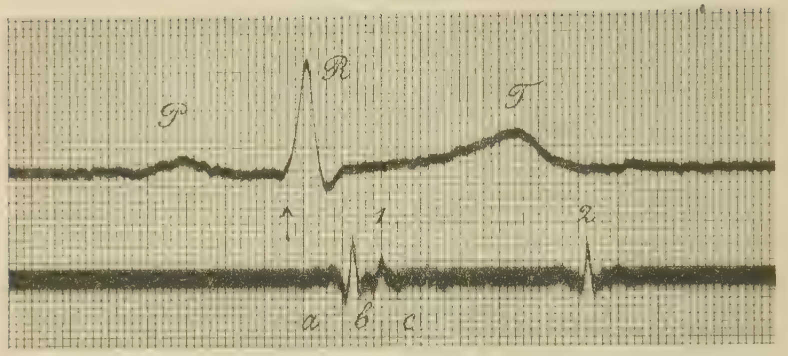
Wij lichten het bovenstaande toe met de onderstaande figuren 9 en 10.

Fig. 9.



Le. - - Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Absc. 1 schaald. = 0.01 sec.
Er zijn geen begintrillingen zichtbaar.

Fig. 10.



Een ander stuk uit hetzelfde photogram van fig. 9. De begintrillingen zijn zichtbaar en de eindtrillingen hebben een ander karakter.

Zij stellen twee op elkaar volgende hartscontracties van den proefpersoon L e. voor, die op eenzelfde photographische plaat zijn geregistreerd. De bewegingssnelheid der gevoelige plaat bedroeg 100 mM. per sec., de E. K. G. zijn opgenomen bij afleiding II en de phonocardiogrammen zijn die van den apextoon. Men ziet, dat de beide op elkaar volgende E. K. G. nauwelijks van elkaar verschillen, dat daarentegen de eerste punttoon van fig. 9 een ander phonographisch beeld vertoont dan van fig. 10. In fig. 9 zijn de begintrillingen afwezig, die in fig. 10, met *a* aangegeven, duidelijk te voorschijn komen. De hoofdtrillingen *b* beginnen in fig. 9 met een opwaartsche, in fig. 10 met een neerwaartsche beweging van het snaarbeeld, terwijl ook de andere toppen der hoofdtrillingen van beide figuren in vorm en aantal uiteenloopen. Ten slotte vertoonen nog de natrillingen *c* in fig. 10 een ander beeld dan in fig. 9.

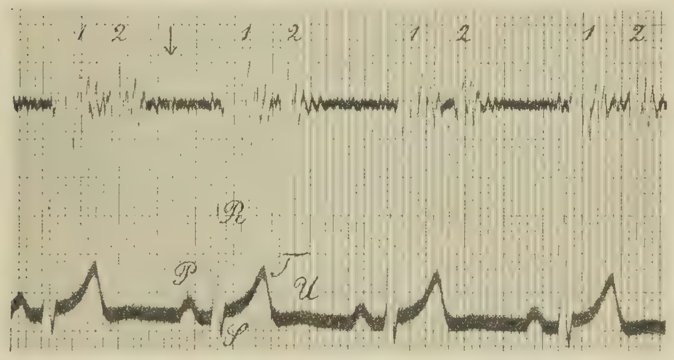
Na op deze in het oog vallende verschillen der beide eerste tonen te hebben gewezen, is het wel treffend te

constateeren, dat de beide tweede tonen bijna voor elkaars copieën kunnen doorgaan. Wij houden evenwel deze omstandigheid voor een toeval, daar de tweede tonen in het algemeen evenzeer aan veranderingen onderhevig zijn als de eerste.

Een verklaring voor de boven beschreven variaties in het cardiophonogram is licht te vinden. Een kleine verandering in de phase der adembeweging kan maken, dat er meer of minder longweefsel tusschen het hart en den borstwand wordt geschoven, waardoor de overbrenging van het door de hartswerking veroorzaakte geluid naar den stethoscoop wordt gewijzigd. De onderlinge verplaatsing van hart en longen kan van zoodanig bedrag zijn, dat zij geen merkbaren invloed uitoefent op den vorm van het E. K. G., terwijl zij het karakter van de hartstonen toch belangrijk kan wijzigen.

Verschillen, zooals wij die in de punttonen hebben

Fig. 11.



L e. — Aortatonen en E. K. G. bij afl. II.
Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

beschreven, komen ook in de aorta- en de pulmonaaltonen voor. Ja het schijnt, dat deze aan nog grootere

variaties onderhevig zijn. De arterietonen zijn bovendien moeilijker zuiver te verkrijgen dan de punttonen, omdat zij in den regel sterker door het ademgeruisch worden verontreinigd.

Men ziet in fig. 11 een voorbeeld van sterk varieerende aortatonen, waarbij de tijd tusschen den eersten en den tweeden toon soms geheel gevuld is door een duidelijk zichtbaar geruisch. Auscultatorisch konden wij dit geruisch niet waarnemen. Het E. K. G., dat in de figuur is afgebeeld, is bij afleiding II genomen, terwijl de bewegingssnelheid der gevoelige plaat 25 mM. per sec. heeft bedragen.

In de volgende fig. 12 geven wij een voorbeeld van

Fig 12.

B. A. — Pulmonaaltonen en E. K. G. bij afl. II.
Absc. 1 schaald. = 0.01 sec.

pulmonaaltonen met het E. K. G. bij afleiding II. De gevoelige plaat had hier een snelheid van 100 mM. per sec.

Men ziet, dat het snaarbeeld, waarmede het phonogram geschreven wordt, niet volkomen rustig is in de harts-

pauze, hoewel toch voldoende, om de beide pulmonalistonen duidelijk te doen uitkomen.

De trillingen, die ongeveer met top *P* samenvallen, worden wellicht door de voorkamercontractie veroorzaakt. Wij laten evenwel geheel onbeslist, of wij hier met een werkelijken, zij het dan ook uiterst zwakken voorkamertoon hebben te doen.

Liever vestigen wij de aandacht op de trillingen, die tusschen eersten en tweeden toon voorkomen en die, evenals in de voorafgaande figuur, als het ware een voortzetting van den eersten toon vormen. Zij zijn relatief belangrijk zwakker dan die van fig. 11, maar toch nog zoo duidelijk zichtbaar, dat men ook hier bij auscultatorisch onderzoek een waarneembaar geruisch of althans een lang gerekt zijn van den eersten toon zou verwachten. Desniettemin klonken beide pulmonaaltonen in den stethoscoop volkomen zuiver.

Waarom er verschil kan zijn tusschen de resultaten van het auscultatorisch en het cardiophonographisch onderzoek, hebben wij in hoofdstuk II reeds besproken. Wij komen daarop later in hoofdstuk IX nog eens terug en laten het onderwerp daarom hier maar verder met rust.

Hetzelfde verschijnsel van duidelijk zichtbare trillingen tusschen eersten en tweeden arterietoon bij afwezigheid van een auscultatorisch constateerbaar systolisch geruisch, wordt bij een aantal onzer proefpersonen teruggevonden. Het was ook reeds vroeger geconstateerd bij Ba[1]), maar er verdient nadrukkelijk bij te worden opgemerkt, dat dezelfde persoon, die deze systolische natrillingen nu eens duidelijk vertoont, ze weer bij een andere ge-

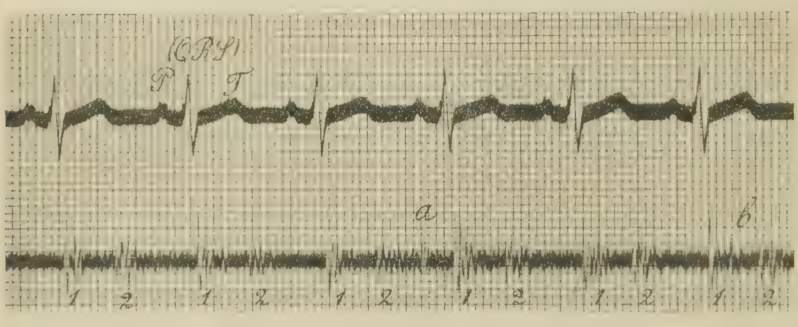
---

1) Pflüger's Arch. Bd. 117, Taf. 18, fig. 5.

legenheid mist. Het schijnt, dat deze natrillingen aan vrij sterke variaties onderhevig zijn.

Wijden wij thans een enkel woord aan de geluiden, die wij als toevallige meenen te moeten qualificeeren. Deze komen bij de phonogrammen der arterietonen meer voor dan bij die der punttonen. In fig. 11 is met een pijl bovenbedoeld toevallig geluid aangegeven, dat in de hartspauze kort na den tweeden aortatoon zichtbaar wordt. Verder reproduceeren wij in fig. 13 de pulmonaaltonen van Ba.

Fig. 13.



Ba. — Pulmonaaltonen en E. K. G. bij afl. I.
Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

De gevoelige plaat had een snelheid van 25 mM. per sec. en het E. K. G. is opgenomen bij afleiding I. Men ziet bij *a* een groep trillingen, die wat den tijd van haar optreden betreft, door de voorkamercontractie zouden kunnen zijn veroorzaakt. De mogelijkheid, dat dit ook werkelijk is geschied, sluiten wij wederom niet uit, maar wij moeten er toch op wijzen, dat in de verdere kromme en ook in een aantal andere seriën

van krommen, die wij van denzelfden persoon bezitten, geen tweede voorkamertoon voorkomt, die in sterkte ook maar eenigszins vergelijkbaar is met den met *a* bedoelden. Bij *b* is in de kromme een plaats aangewezen, waar er schijnbaar een systolisch geruisch aanwezig is.

Voor de afbeelding van een andere variatie, die dikwijls bij normale hartstonen wordt waargenomen, het gespleten zijn van den tweeden toon, verwijzen wij naar het laatste hoofdstuk van dit proefschrift.

4. De tijdsverhoudingen der hartstonen.

Het onderzoek naar de tijdsverhoudingen der hartstonen heeft een dubbel belang. Kent men van de hartsperiode de juiste phase, waarin de toon wordt voortgebracht, dan wordt daardoor de oorzaak van den toon beter begrepen en anderzijds kan door een vergelijking van den hartstoon met het E. K. G. ook weer meer licht op deze laatste kromme worden geworpen.

Onze eerste bedoeling om een tabel samen te stellen, waarin de metingsresultaten, bij een groot aantal krommen verkregen, zouden worden verzameld, hebben wij opgegeven. Het schijnt ons toe, dat eenige belangrijke vraagpunten, die zich voordoen, veel betèr worden opgelost door de metingen, die men aan eenige weinige, goed gekozen voorbeelden uitvoert, dan door gemiddelden te berekenen uit vele waarnemingen, waarvan verscheidene wegens de onregelmatigheden, welke in de hartstonen voorkomen, een verkeerd beeld van de werkelijke tijdsverhoudingen zouden kunnen geven.

Beginnen wij met een vergelijking te maken tusschen het tijdstip, waarop de eerste punttoon zichtbaar wordt en het tijdstip, waarop het kamer-E. G. begint, en

beschouwen wij daartoe de krommen van L e., waarvan men de reproducties op de voorgaande bladzijden kan vinden. De figuren 9 en 10 zijn, zooals reeds is opgemerkt, onmiddellijk op elkaar volgende stukken van eenzelfde photogram en geven dus van den proefpersoon twee op elkaar volgende hartscontracties weer. In fig. 9 zijn de initiaaltrillingen van den eersten punttoon niet, in fig. 10 wel zichtbaar, waardoor de zichtbare toon in laatstgenoemde figuur belangrijk eerder begint dan in de eerste. Dit kan met alle gewenschte duidelijkheid aan de reproducties worden geconstateerd.

Voor een nauwkeurige meting is het verkieslijk, om van de oorspronkelijke opnamen zelve gebruik te maken. Zij toonen, dat in fig. 9 de eerste hartstoon 0.065 sec., in fig. 10 daarentegen 0.02 sec. na het begin van het kamer-E. G. zichtbaar wordt.

In fig. 5 zijn op een anderen datum de punttonen van denzelfden proefpersoon weergegeven. De amplitude der snaartrillingen is in deze kromme een weinig grooter dan die van de figuren 9 en 10 en vooral de initiaaltrillingen komen duidelijker voor den dag. Zij worden slechts eenige weinige duizendsten seconde later dan het kamer-E. G. zichtbaar.

Het kan onzes inziens niet veel nut opleveren voor het verkrijgen van een beter inzicht in de oorzaken der hartstonen, wanneer wij van de aldus verkregen waarden een gemiddelde gingen berekenen.

De krommen toonen duidelijk genoeg aan, dat het oogenblik van het zichtbaar worden der initiaaltrillingen afhangt van haar eigen intensiteit en van de gevoeligheid der registreerende toestellen Beide momenten zijn variabel. Bij het vaststellen van het werkelijke begin der initiaaltrillingen zullen wij wel het meest tot de

waarheid naderen, wanneer wij de metingen in zoo gunstig mogelijke omstandigheden uitvoeren. Dit moet ons er toe brengen, om aan te nemen, dat de eerste punttoon òf gelijktijdig, òf slechts eenige weinige duizendsten seconden na het begin van het kamer-E. G. inzet

De mogelijkheid van een werkelijk gelijktijdig inzetten van de electrische verschijnselen en den hartstoon mag op grond van onze krommen niet worden uitgesloten, daar men nog rekening moet houden met den tijd, die noodig is om het geluid van het hart door den stethoscooptrechter over te brengen naar de mikrophoon. Neemt men voor de snelheid van het geluid 331 M per sec. aan, dan wordt in onze omstandigheden, waarbij het geluid een weg van ongeveer 75 cM. moest afleggen, voor den bedoelden tijd 0.0023 seconden berekend.

De waarnemingen, die wij bij verscheidene andere proefpersonen hebben verricht, leiden tot overeenkomstige resultaten. Er mogen hiervan eenige vermeld worden.

B ij. vertoont in fig. 4 het begin der initiaaltrillingen van zijn eersten punttoon ongeveer gelijktijdig met het begin van het kamer-E. G. Wij moeten evenwel bedenken, dat in fig 4 het E. K. G. bij afleiding I is geschreven. Bij de meeste personen wordt het kamer-E. G., bij afleiding II iets eerder zichtbaar dan bij afleiding I. Ook bij B ij. is dit het geval. Een gelijktijdige registratie van de E. K. G. bij beide afleidingen toont aan, dat bij dezen proefpersoon het verschil ongeveer 0,01 seconde bedraagt, waaruit volgt, dat bij hem de eerste punttoon ongeveer 0,01 sec. na het begin van den electrischen kamerstroom inzet.

Bij B. A. vinden wij een tijdsverschil van 0.005 sec. bij aanwezigheid van initiaaltrillingen, van 0.06 sec. bij afwezigheid daarvan. En ook bij B a. leveren de metingen uitkomsten van dezelfde orde van grootte op.

Hoe moeten de initiaaltrillingen worden verklaard? In het opstel „Über die Deutung des E. K. G." [1]) wordt de waarschijnlijkheid uitgesproken, dat de initiaaltrillingen door het spiergeruisch worden veroorzaakt, terwijl het verdere gedeelte van den eersten punttoon uit spiergeruisch en klapvliestoon zou zijn samengesteld.

Deze meening wordt door onze boven beschreven tijdmetingen bevestigd.

De krommen, waarover vroeger in het laboratorium kon worden beschikt, waren nog met een galvanometer verkregen, waarmede de hartstonen op het E. K. G. gesuperponeerd werden geregistreerd. De thans toegepaste methode verdient uit technisch oogpunt boven de vroegere de voorkeur. Zij geeft op gemakkelijke wijze scherpere uitkomsten. Ook beschikken wij thans over een veel grooter aantal van krommen, waarvan de besten kunnen worden uitgezocht. Dit alles verklaart gemakkelijk, waarom er vroeger een tijdsverschil van ongeveer 0.03 sec. tusschen het begin van het kamer-E. G. en het inzetten van den eersten punttoon werd genoemd, terwijl wij daarvoor, althans in die gevallen, waarbij de initiaaltrillingen op haar vroegst te voorschijn komen, hoogstens een paar duizendsten eener seconde aannemen. En wij mogen vertrouwen, dat juist in die gevallen, waarbij de initiaaltrillingen zeer duidelijk zijn, de ware verhoudingen 't best worden weergegeven.

Komen de initiaaltrillingen 0.03 sec. later, dan zijn zij in den aanvang te zwak geweest, om te worden waargenomen.

De tijdsverhoudingen tusschen de electrische verschijnselen en de tonen van het hart worden thans duidelijk. De prikkeling doet een electrische golf door de hart-

---

[1]) Pflüger's Arch. Bd. 149, p. 65, 1912.

spier voortschrijden. Gelijktijdig of bijna gelijktijdig daarmede, met een verschil van slechts een paar duizendsten seconden begint in de spier het mechanisch proces, waardoor het spiergeruisch wordt voortgebracht en ongeveer 0.06 sec. later werken de klapvliezen mede om den eersten punttoon te helpen tot stand te brengen. De klapvliestrillingen vormen, zoodra zij beginnen, het belangrijkste deel van het geluid.

De eerste aterietoon begint later dan de eerste punttoon. Dit feit, dat reeds vastgesteld werd bij de vroegere in het laboratorium verrichte capillair-electrometrische onderzoekingen, is door vele latere schrijvers bevestigd. Bij de bedoelde vroegere onderzoekingen werd een tijdsverschil van 0,061 sec geconstateerd. Wij vinden overal daar overeenkomstige waarden, waar de intiaaltrillingen van den eersten punttoon duidelijk zichtbaar worden afgebeeld. Zoo bijvoorbeeld bij B ij. 0,065 sec., bij B. A. 0,06 sec., bij L e. 0,07 sec.

Worden de initiaaltrillingen van den eersten punttoon niet zichtbaar, dan naderen de oogenblikken van het begin der punt- en arterietonen meer tot elkaar. Toch komen de arterietonen dan nog 0,01 à 0,02 sec. later.

De oorzaken van het later zichtbaar worden der arterietonen liggen voor de hand; zij zijn reeds in de meer vermelde vroegere onzoekingen genoemd. De anatomische verhoudingen maken het wel duidelijk, dat het hartspiergeruisch en het eerste begin der cuspidaalkleptonen gemakkelijker hoorbaar zijn aan de punt van het hart dan in de tweede intercostaalruimte. Eerst als het geluid tot een voldoende intensiteit is aangezwollen, zal het ook op deze laatstgenoemde plaats hoorbaar en

registreerbaar worden. Aldus moet het tijdstip van optreden van het geluid aldaar worden vertraagd.

Over den tweeden hartstoon kunnen wij korter zijn dan over den eersten. Zijn begin valt samen met het laatste gedeelte van den *T*-top, zooals reeds door vroegere onderzoekers kon worden vastgesteld en ten overvloede ook uit de door ons gepubliceerde krommen blijkt.

De tweede toon wordt veroorzaakt door de trillingen der valvulae semilunares en kenmerkt dus het oogenblik, waarop de systole eindigt en de diastole begint. De gelijktijdig geregistreerde krommen der electrische verschijnselen en der tonen van het hart bewijzen de juistheid van de opvatting, dat de systole bij den aanvang der *Q R S*-groep in het E. K. G. begint en bij het einde van den *T* top is afgeloopen.

Ook over den duur der hartstonen kunnen wij kort zijn. De groote variaties, die men bij verschillende individuen in den duur hunner hartstonen kan opmerken, maken het nutteloos, een gemiddelden duur voor den eersten of tweeden toon vast te stellen. Een blik op de vele krommen schijnt ons in dit opzicht veel leerrijker toe dan de opgave van eenige getallen.

De initiaaltrillingen van den eersten punttoon duren, als zij te voorschijn komen, in de meeste gevallen ongeveer 0.06 sec., de hoofdtrillingen dubbel zoo lang, dus 0.12 sec., terwijl de eindtrillingen een zoo variabel karakter bezitten, dat zij bij den eenen persoon nauwelijks worden opgemerkt, bij den anderen tot bijna aan den tweeden toon toe voortduren. Vooral bij de eerste arterietonen wordt deze laatste omstandigheid dikwijls opgemerkt.

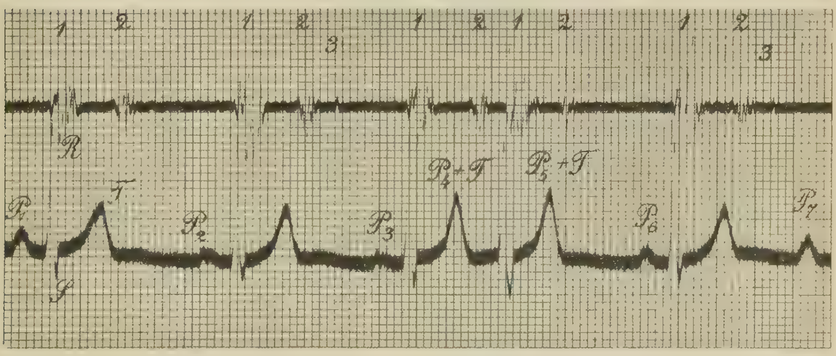
De duur van den tweeden toon varieert tusschen 0.06 en 0.16 sec.

IV. Extrasystole's en Atypische kamercontracties.

1. Extrasystole's.

Onder extrasystole moeten wij iedere systole verstaan, die door haar vroegtijdig optreden den overigens regelmatigen rhythmus eener reeks van hartscontracties verbreekt. De hartstonen van de extrasystole hangen samen met het meer of minder vroegtijdige van haar optreden.

Fig. 14.



L e. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Extrasystole.
Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

In fig. 14 reproduceeren wij de krommen van L e, waarin na P_4 een auriculaire extrasystole optreedt. In een vorig hoofdstuk hebben wij reeds opgemerkt, dat bij L e. de voorkamertoppen een sterke neiging ver-

toonen, haar grootte te varieeren. Deze eigenschap is ook in fig. 14 duidelijk zichtbaar. P_1 en P_7 zijn grooter dan de andere P-toppen en vooral P_3 is zeer klein.

Dat de extrasystole, die zich na P_4 ontwikkelt, van auriculairen oorsprong is, wordt door den hoogen T-top der voorafgaande hartscontractie zeer waarschijnlijk gemaakt. Vergelijkt men van de T-toppen de eerste twee en den laatsten eenerzijds met den 3en anderzijds, dan ziet men gemakkelijk, dat de laatstgenoemde top belangrijk hooger is dan de drie eerstgenoemde, waardoor het vermoeden gewettigd wordt, dat bij $P_4 + T$ de voorkamertop der volgende contractie met den T-top der voorafgaande samenvalt. Is dit denkbeeld juist, en hebben wij dus werkelijk een voorkamercontractie gehad, die aan de extrasystole voorafgaat, dan mogen wij aan deze laatste ook een auriculairen oorsprong toeschrijven.

Het E. K. G. der hier afgebeelde extrasystole wijkt zoo goed als niet af van dat der gewone systole's. Ook deze omstandigheid wijst op haar auriculair karakter. Alleen ziet men haar T-top in abnormale hoogte te voorschijn komen, welke bijzonderheid evenwel gemakkelijk kan worden verklaard. Vermoedelijk is ook hier weder een voorkamertop met den T-top versmolten. In dit geval $P_5 + T$ wordt evenwel de voorkamer niet door een kamercontractie gevolgd.

Het cardiophonogram laat op twee plaatsen een duidelijken derden hartstoon zien. Verder merken wij op, dat de tweede toon, die door de extrasystole wordt veroorzaakt, zwakker is en korter duurt dan de tweede tonen der overige hartscontracties. Dit verschijnsel is begrijpelijk en kan ook worden verwacht. Indien de systole voortijdig intreedt, kan gedurende de diastole de vulling van de kamers met bloed niet volledig hebben plaat

gehad. De hoeveelheid bloed, die naar de aorta en de arteria pulmonalis wordt gestuwd, zal dus kleiner zijn dan normaal en de valvulae semilunares zullen bij de nieuw intredende diastole minder heftig tegen elkaar aanslaan dan gewoonlijk. De trillingen dezer valvulae zullen aldus een zwakkeren tweeden toon teweegbrengen.

Treedt de extrasystole nog vroeger in, dan wordt de tweede toon nog meer verzwakt, om tenslotte bij zeer vroeg intredende extrasystole's geheel uit te blijven. In onze verzameling van cardiophonogrammen is dit verschijnsel aan de punttonen duidelijker waarneembaar dan aan de aorta- en pulmonalistonen.

Een paar opmerkingen over den eersten toon der afgebeelde extrasystole mogen hier nog een plaats vinden. Deze is wel niet merkbaar verzwakt, maar komt toch duidelijk later te voorschijn dan de overige eerste tonen van het phonogram. Het tijdsverschil, dat ongeveer 0.7 mM. = 0.028 sec. bedraagt, wordt naar alle waarschijnlijkheid door het uitblijven der initiaaltrillingen veroorzaakt.

De duur der extrasystole is gelijk aan den duur eener op normalen tijd intredende contractie, hetgeen reeds door den gelijken vorm van het E. K. G. in beide gevallen wordt bewezen en bovendien nog wordt bevestigd door het oogenblik van optreden van den tweeden toon. In beide soorten van systole begint de tweede toon 7.7 mM. = 0.308 sec. na de spits van top *R*.

2. Atypische kamercontracties.

Er zijn twee verschillende omstandigheden, die aanleiding kunnen geven tot de ontwikkeling van atypische kamercontracties. In de eerste plaats kan de geleiding

in een deel van den bundel van His zijn gestoord. De prikkel, die van de voorkamer komt, kan dan zijn weg slechts door het overige gedeelte van den bundel nemen en bereikt zoodoende niet meer dan een gedeelte van den kamerwand op den normalen tijd. De andere spiervezelen van de kamer komen eerst eenige honderdsten seconden later in contractie.

Men onderscheidt in hoofdzaak twee vormen van atypische contracties, die van de eerste soort, waarbij de geleiding slechts door den linker tak, die van de tweede soort, waarbij de geleiding slechts door den rechter tak van den verbindingsbundel plaats heeft. Is de geleiding in één der takken slechts gedeeltelijk gestoord, dan treden, al naar de localisatie der stoornis, allerlei tusschenvormen van atypische kamercontracties te voorschijn.

De tweede omstandigheid, waardoor de ontwikkeling van een atypische kamercontractie wordt veroorzaakt, is de autogene vorming van een prikkel ergens in den bundel van His. Deze heterope prikkeling geeft tot dezelfde vormen van atypische kamercontracties aanleiding als de boven omschreven geleidingsstoornis; men onderscheidt dezelfde twee hoofdvormen en neemt ook weder de ontwikkeling van een aantal tusschenvormen waar.

Wat is het karakter en welke zijn de tijdsverhoudingen van de tonen, die door een atypische kamercontractie worden teweeggebracht?

Het antwoord op bovenstaande vraag moet luiden, dat deze tonen in vele gevallen niet of nauwelijks van normale hartstonen kunnen worden onderscheiden. Ten bewijze hiervan reproduceeren wij in fig. 15 de krommen van een persoon, die een geleidingsstoornis heeft in den rechter tak van den bundel van His. Zijn

E. K. G. zijn alle atypisch en wel van de eerste soort. De figuur geeft het E. K. G. bij afleiding I en daaronder de punttonen weer; iets kenmerkends in het karakter der tonen kan niet worden geconstateerd.

Fig. 15.

Punttonen en E. K. G. bij afl. I. Atypische kamercontracties van de 1ste soort. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

Ten opzichte van de tijdsverhoudingen der tonen kunnen wij vaststellen, dat de eerste toon ongeveer 0,06 tot 0,08 sec. na den aanvang der systole inzet. Het begin der systole zelf wordt door het begin van het kamer-E. G. steeds scherp aangegeven, zoodat de onzekerheid van de bepaling van het tijdsverschil hier alleen gelegen is in de variabiliteit van den eersten toon en in de moeilijkheid, om het juiste begin daarvan vast te stellen.

De duur van 0.06 à 0.08 sec. komt vrijwel overeen met den duur der initiaaltrillingen in den eersten punttoon eener normale systole, waarom wij geneigd zijn om aan te nemen, dat bij een atypische hartscontractie de eerste toon, ook wat zijn tijdsverhoudingen betreft, met dien van een normale, typische contractie overeenkomt.

Wij moeten evenwel hier aan toevoegen, dat wij voor zoo ver onze verzameling van E. K. G. en cardiophonogrammen daarop zijn onderzocht, nimmer duidelijke initiaaltrillingen bij den eersten toon eener atypische kamercontractie hebben kunnen constateeren. Steeds zette de eerste toon aanmerkelijk later, — 0.06 tot 0.09 sec., — dan het begin der systole in.

De tweede toon eener atypische kamercontractie zet ongeveer tegen het einde der systole in en komt dus in zijn tijdsverhoudingen met den tweeden toon eener gewone typische contractie overeen. Evenwel dient te worden opgemerkt, dat het einde der systole bij een atypisch E. K. G. evenmin als bij een E. K. G. van typischen vorm nauwkeurig waarneembaar is.

Een interessante vraag is die naar den duur der systole, wanneer deze atypisch is, in vergelijking met den duur eener gewone typische kamercontractie. Om den duur der systole te meten, maken wij van het E. K. G. gebruik, om haar beginpunt te bepalen en van het cardiophonogram om haar eindpunt vast te stellen. De tijd, die er verloopt tusschen het begin van het kamer-E. G. en het begin van den tweeden hartstoon, mag als de duur van de systole worden aangemerkt. Deze tijd, die met de gewenschte nauwkeurigheid kan worden gemeten, blijkt voor atypische hartscontracties van verschillenden oorsprong verschillend groot te zijn.

In fig. 15 duurt de systole 0.44 tot 0.48 sec., welke tijd belangrijk grooter is dan de normale, die op 0.31 tot 0.35 sec. [1]) mag worden gesteld.

De patient van fig. 15 heeft een hartsfrequentie van

---

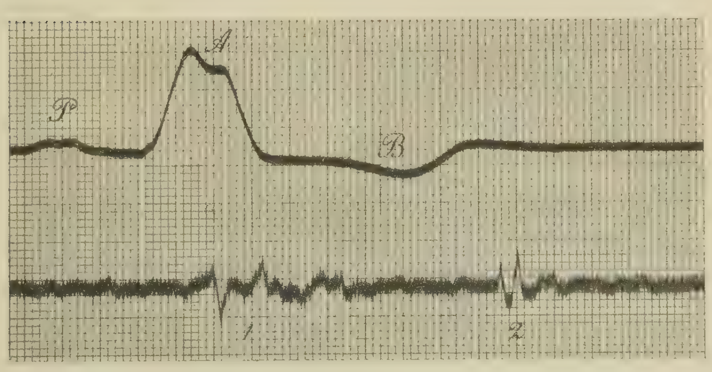
[1]) Zie o. a. „Onderzoekingen Physiol. Laborat. Leiden." 2e Reeks, II, p. 1.

59 slagen per minuut. Hoewel deze frequentie gering is en in 't algemeen de duur der systole bij geringe hartsfrequenties wel iets grooter is dan bij groote frequenties, meenen wij hier toch van een abnormaal grooten duur te moeten blijven spreken, die niet voldoende door het kleine aantal hartslagen per minuut wordt verklaard.

Het is te betreuren, dat bij dezen patient alle systole's atypisch zijn, zoodat wij hier geen onmiddellijke vergelijking tusschen typische en atypische hartscontracties bij een zelfden persoon kunnen maken. Daartoe zijn wij echter bij het onderzoek van andere proefpersonen wèl in staat gesteld. Deze komen aan het slot van dit hoofdstuk nog nader ter sprake.

In fig. 16 reproduceeren wij het E. K. G. en de punttonen van denzelfden patient als dien van fig. 15.

Fig. 16.



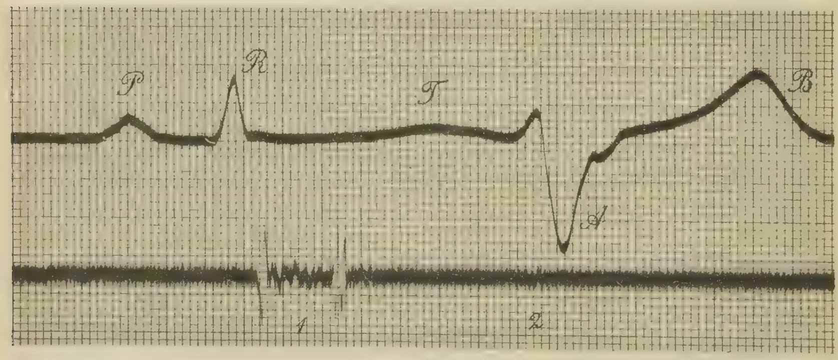
Dezelfde patient als van fig. 15. Punttonen en E. K. G. bij dezelfde afleiding. Absc. 1 schaald. = 0,01 sec.

De atypische E. K. G. van beide figuren zijn bij dezelfde afleiding genomen en volkomen aan elkaar gelijk; alleen is de bewegingssnelheid der gevoelige plaat bij de laatste figuur vier maal grooter dan bij de

eerste: de waarde van een schaaldeel der abscissen in fig. 16 is 0.01 sec. In deze figuur wordt de duur der atypische systole als gelijk aan 0.475 sec. gemeten.

De boven behandelde tonen hebben betrekking op atypische hartscontracties, die zich niet nog bovendien door andere eigenschappen, als bijv. den tijd van haar optreden, van de gewone, regelmatige hartscontracties onderscheiden. De afgebeelde tonen zijn niet door bijzondere eigenschappen gekenmerkt, maar het gebeurt zeer dikwijls, dat atypische systole's voortijdig invallen, dat zij dus extrasystole's zijn. In dat geval kan het karakter en de intensiteit der tonen veranderen op de wijze, die wij reeds in het begin van dit hoofdstuk, bij de bespreking van de auriculaire extrasystole's hebben uiteengezet. De veranderingen, die in de tonen worden waargenomen, moeten dan echter niet aan het atypische, doch aan het voortijdige der systole's worden toegeschreven. Daar de prikkel tot deze soort van systole's

Fig. 17.



Zij. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Atypische hartscontractie als ventriculaire extrasystole. Absc. 1 schaald. = 0.01 sec.

zijn oorsprong in den ventrikel neemt, mogen zij ventriculaire extrasystole's worden genoemd.

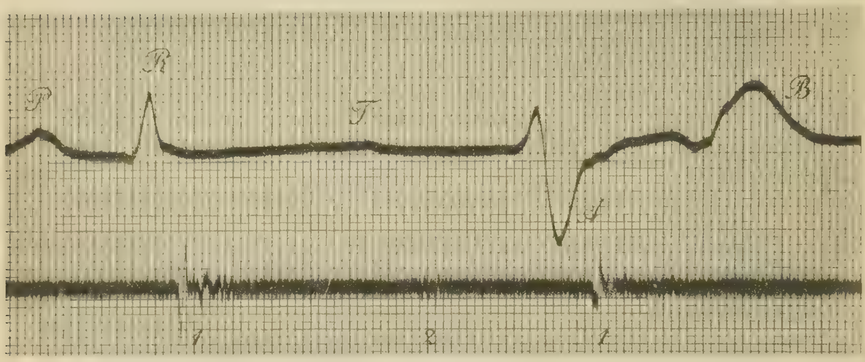
Een fraai voorbeeld van de vorming van ventriculaire extrasystole's wordt door den patient Zij. geleverd. In fig. 17 ziet men een reproductie van zijn E. K. G. en zijn punttonen. Het E. K. G. is bij afleiding II genomen en vertoont een normale typische contractie onmiddellijk gevolgd door een atypische. De eerste punttoon der gewone systole is krachtig en duidelijk in twee deelen gespleten, de tweede toon is slechts zwak. De duur der systole, op de vroeger beschreven wijze gemeten, bedraagt 0.37 sec. De atypische hartscontractie, die onmiddellijk op de typische volgt, brengt noch een eersten noch een tweeden toon teweeg. Dit is volkomen begrijpelijk, als men bedenkt, dat de nieuwe contractiegolf reeds over de kamerspier begint voort te schrijden op het oogenblik zelf, dat de voorafgaande systole eindigt. Het hart heeft geen gelegenheid gehad, in diastole over te gaan; er is geen bloed in de kamerholte kunnen vloeien; de valvulae cuspidales zijn door de nieuwe contractiegolf niet in spanning gebracht en de valvulae semilunares, die na de voorafgaande systole gesloten waren, zijn eenvoudig gesloten gebleven.

Het beeld verandert te eenen male, wanneer de extrasystole minder vroegtijdig optreedt In de onderstaande fig. 18 wordt het onmiddellijke vervolg van het photogram van fig. 17 gereproduceerd.

In de laatst afgebeelde figuur is een vrij lange pauze tusschen de voorafgaande typische en de daarop volgende atypische systole aanwezig en in overeenstemming hiermede zien wij, dat de atypische contractie een duidelijken eersten toon ontwikkelt. De duur der typische systole is weder precies 0.37 sec., die der atypische kan

niet worden aangegeven. daar de tweede toon niet duidelijk genoeg op het photogram te voorschijn komt.

Fig. 18.



Een volgend stuk van hetzelfde photogram van fig. 17.

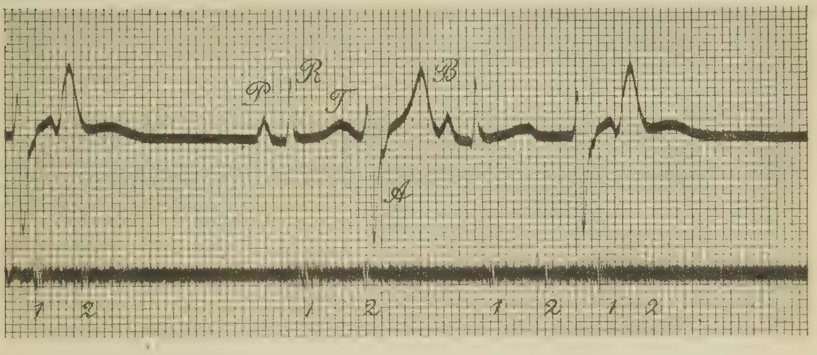
Wij mogen de figuren 17 en 18 niet laten rusten zonder op het merkwaardige verschijnsel de aandacht te hebben gevestigd, dat de eerste toon der typische contractie van fig. 17 zoozeer van dien van fig. 18 verschilt. Aan den laatsten is geen spoor van verdubbeling of splijting merkbaar.

Het beeld van de krommen, die van patient Zij. worden verkregen, is hoogst merkwaardig: zij vertoonen een groot aantal atypische hartscontracties, die den rhythmus der hartswerking onregelmatig maken. De figuren 19, 20 en 21 geven daarvan een voorstelling. In alle drie figuren is de snelheid der gevoelige plaat 25 mM. per sec., terwijl de E. K. G. bij afleiding II zijn opgenomen. In fig. 19 worden de aortatonen, in de figuren 20 en 21 de punttonen weergegeven. De beide laatste figuren zijn verschillende stukken van eenzelfde photogram en wel geven de laatste 19 milimeters van fig. 20

hetzelfde stuk weer als de eerste 19 millimeters van fig. 21.

Wij zien in fig. 19 de tweede atypische contractie,

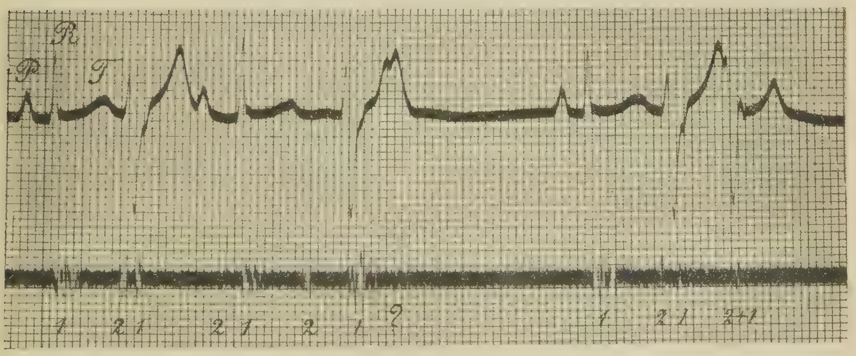
Fig 19.



Z ij. — Aortatonen en E. K. G. bij afl. II. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

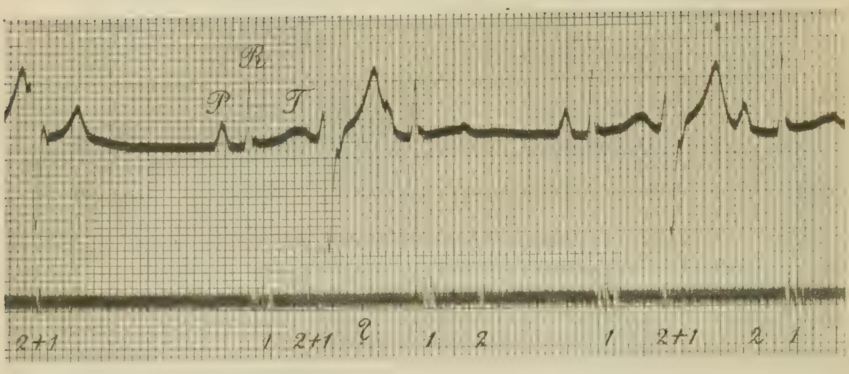
die zeer vroegtijdig optreedt, zonder hartstonen; de eerste atypische heeft twee schijnbaar normale tonen, de laatste daarentegen een duidelijken eersten, doch een zwakken tweeden toon.

Fig. 20.



Z ij. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

Fig. 21.



Een ander stuk van hetzelfde photogram als dat van fig. 20.

De photogrammen 20 en 21 geven overeenkomstige variaties te zien, die wij niet nader behoeven te beschrijven, daar zij reeds duidelijk genoeg in de afbeeldingen te voorschijn komen. Alleen zij de aandacht gevestigd op het verschijnsel, dat somtijds de eerste toon der volgende systole zoo snel na den tweeden toon der voorafgaande te voorschijn komt, dat beide tonen te zamen den indruk van een enkelen gespleten toon moeten maken, of wel te zamen volledig versmelten. De plaatsen waar dit voorkomt zijn in de figuur met 2 + 1 aangegeven.

Het auscultatorisch onderzoek van dezen patient is uitermate bedriegelijk. Nu eens worden drie aequidistante tonen dan weer tonen in een geheel ander rhythmus gehoord, waarvan wij niet in staat waren een verklaring te geven. Vermoedelijk zal ook de best geschoolde waarnemer hier bij de beoordeeling van de hartstonen groote moeilijkheden ondervinden en zelfs nu en dan eersten en tweeden toon met elkaar vewarren. De gezamenlijke krommen van E. K. G. en cardio-

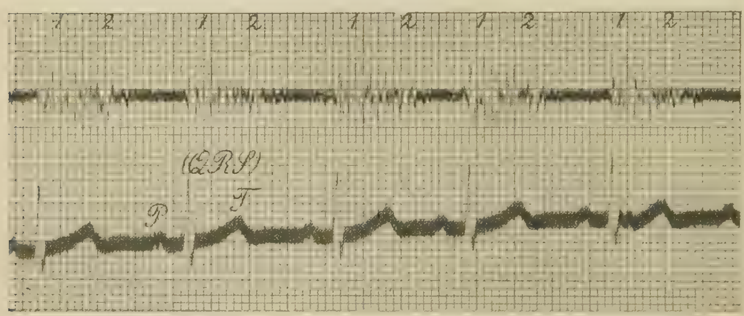
phonogram wijzen daarentegen in den doolhof gemakkelijk en zeker den weg.

Ten slotte wijden wij nog eenige regels aan den duur der systole's. In fig. 19 hebben de systole's, van welke de duur met behulp van E. K. G. en cardiophonogram meetbaar is, alle ongeveer denzelfden duur van 0.36 tot 0.38 sec. In fig. 20 en 21 duren de typische systole's ongeveer even lang, terwijl daarentegen eenige atypische systole's veel meer tijd in beslag nemen. De eerste atypische contractie van fig. 20 en de laatste atypische van fig. 21 duren 0.52 sec.

V. **Systolische geruischen.**

De voor het oor waarneembare systolische geruischen vertoonen zich cardiophonographisch in zeer verschillende vormen. Daarvan wenschen wij hier drie nader te behandelen. Vooreerst zij opmerkzaam gemaakt op een vorm, zooals in fig. 22 is afgebeeld, waarbij de trillingen in bijna onverminderde kracht gedurende het grootste gedeelte der systole voortduren en alleen tegen het

Fig. 22.



B. H. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Systolisch geruisch. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec..

laatst, — ongeveer in het laatste vijfde deel der systole, — verzwakken. De verzwakking is evenwel niet van dien aard, dat men een einde van het geruisch kan waarnemen. Het is integendeel nog duidelijk aanwezig, wanneer de tweede toon invalt, zoodat het begin van

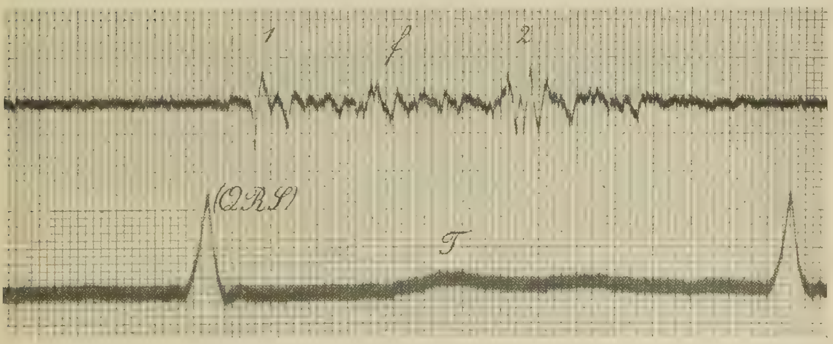
den tweeden toon niet scherp kan worden aangegeven. Dit komt vooral sterk uit, wanneer de tweede toon zwak is. Het systolisch geruisch schijnt dan met het geluid van den tweeden toon tot één samenhangend geruisch te versmelten.

De bovenstaande fig. 22 geeft de punttonen en het E. K. G. bij afleiding II van een zesjarig idioot meisje weer. De aard van het vitium cordis was niet goed vast te stellen. Het kind was nu en dan cyanotisch, maar noch percutorisch noch electrocardiographisch konden afwijkingen worden vastgesteld; vermoedelijk hebben wij hier met een aangeboren hartsgebrek te doen.

Auscultatorisch was op verschillende plaatsen van de hartstreek een sterk systolisch geruisch waarneembaar, terwijl ook de tweede tonen nu en dan onzuiver schenen te zijn.

Een tweede vorm van systolisch geruisch wordt weergegeven in de onderstaande fig. 23. De geluidstrillingen, die gedurende de geheele systole aanwezig zijn, zijn

Fig. 23.



M. v. d. L. — Pulmonaaltonen en E. K. G. bij afl. II. Systolisch geruisch. Absc. 1 schaald. = 0.01 sec.

zwak in vergelijking met de trillingen van den tweeden toon, zoodat deze laatste vrij goed begrensd in de kromme te voorschijn komt.

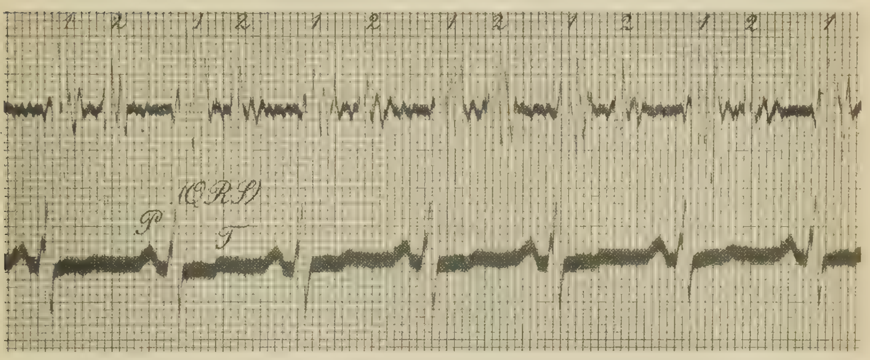
Het begin van het systolisch geruisch wordt gevormd door trillingen van middelbare amplitude, die niet veel van de trillingen van een gewonen eersten toon verschillen. Dan volgen afwisselend zwakkere en sterkere trillingen, totdat het geruisch eindigt daar, waar de tweede toon zichtbaar wordt.

Bij de patiente van fig 23 is auscultatorisch een systolisch geruisch waarneembaar, als gevolg van een mitraal-insufficientie. Het hoorbare geruisch onderscheidt zich hier in het cardiophonogram gemakkelijk van de systolische trillingen, die bij auscultatorisch normale eerste tonen te voorschijn komen. Men vergelijke daartoe slechts de bovenstaande fig. 23 met de figuren 7, 11, 12, 13, die in hoofdstuk III zijn afgedrukt. Bij deze laatste blijven de bedoelde trillingen in vergelijking met die van den eersten toon vrij zwak en wordt ook een tijdelijke versterking, zooals in fig. 23 met *f* is aangewezen, gemist.

Een derde vorm van een systolisch geruisch is afgebeeld in fig. 24, die weder verkregen is van een patient met mitralis-insufficientie Auscultatorisch was aan de hartpunt het systolisch geruisch zeer goed waarneembaar, en het verraste ons daarom eenigszins, in het cardiophonogram nog een vrij sterk uitgesproken pauze tusschen eersten en tweeden toon te moeten constateeren. De aanwezigheid van deze pauze zou bij een oppervlakkige beschouwing der krommen aanleiding kunnen geven, de vorming van het geruisch geheel over het hoofd te zien. Doch een vergelijking van de in fig. 24 afgebeelde trillingen met die van normale eerste punttonen, zooals

deze bijv. in hoofdstuk III zijn gereproduceerd, kan spoedig aantoonen, dat onze patient een van de norm

Fig. 24.



W a. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Systolisch geruisch. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

afwijkenden eersten punttoon heeft. De trillingen nemen gedurende het grootste deel van het geluid in amplitude toe, en bereiken zelfs bij sommige hartscontracties haar maximum zeer kort voordat de pauze intreedt. Deze laatste zelf is kort van duur.

Bij een normalen eersten toon met zichtbare natrillingen wordt daarentegen een geheel ander beeld te voorschijn geroepen. Een lang aangehouden crescendo, zooals in fig. 24, ziet men daarbij nimmer, terwijl de pauze wegens het langer duren der klein geworden trillingen juist minder sprekend is.

VI. Versterkte tweede toon en diastolische geruischen.

1. Versterkte tweede toon.

In de onderstaande fig. 25 vindt men een voorbeeld van een cardiophonogram bij versterkten tweeden pulmonaaltoon. Het E. K. G. is bij afleiding II geregistreerd en de gevoelige plaat had een snelheid van 25 mM. per sec. De proefpersoon is een jongen van 7 jaar, die

Fig. 25.

J. G. — Pulmonaaltonen en E. K. G. bij afl. II. Versterkte 2e toon. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

behalve den versterkten tweeden pulmonaaltoon geen andere hartafwijkingen vertoont. Er zijn geen klinische verschijnselen, die op een vitium cordis wijzen en het E. K. G. vertoont bij de drie gebruikelijke afleidingen een normalen vorm.

De luidheid, waarmede de tweede pulmonaaltoon bij

auscultatie wordt gehoord, is in het cardiophonogram als het ware objectief afgebeeld. Men ziet dat de trillingen van den tweeden toon veel grooter amplitude bezitten dan die van den eersten. Soms zijn deze laatste nog slechts juist waarneembaar, terwijl de tweede toon overal scherp en duidelijk voor den dag komt. Opvallend is het daarbij, dat het karakter van den tweeden toon zoo variabel is: nu eens is de duur der trillingen wat langer en haar amplitude kleiner, dan weer houden zij bij groote amplitude slechts korten tijd aan.

Waarom bij dezen proefpersoon de tweede pulmonaaltoon met zoo groote intensiteit wordt voortgebracht, kan moeilijk worden verklaard. Op grond van boven vermelde gegevens meenen wij een pathologische oorzaak te moeten uitsluiten. Wij merken ook nog op, dat een beoordeeling van de absolute intensiteit van het geluid, *zooals het in de pulmonaliskleppen wordt ontwikkeld*, niet gemakkelijk is, daar uitwendige omstandigheden, zooals bijv. de dikte van den borstwand, grooten invloed uitoefenen op dat gedeelte der trillingen, dat den stethoscooptrechter kan bereiken.

Zoowel bij de auscultatie als in het cardiophonogram beoordeelen wij de sterkte van het geluid hoofdzakelijk door vergelijking, zoodat wij ten slotte slechts in staat zijn de relatieve sterkte aan te geven en te verklaren, dat in het hier besproken geval de tweede toon veel intenser is dan de eerste.

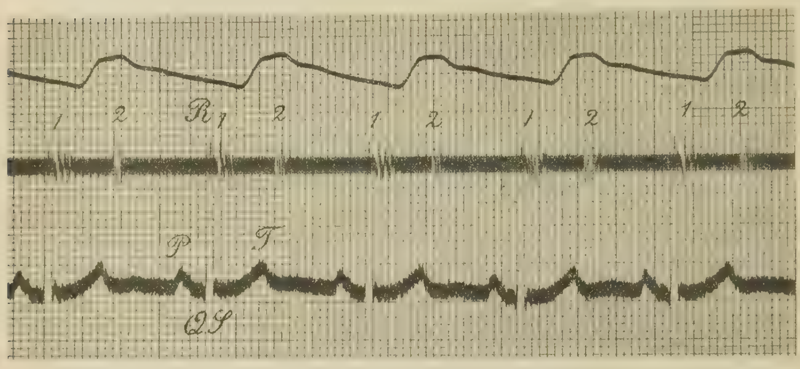
2. Diastolische geruischen.

De diastolische geruischen kunnen gemakkelijk onderscheiden worden naar het oogenblik, waarop zij in de diastole voorkomen.

In fig. 26 zijn de aortatonen en het E. K. G. bij afleiding II van een patient afgebeeld, die naar alle

waarschijnlijkheid aan een uiterst geringe aorta-insufficientie leed. Auscultatorisch was in de rechter tweede intercostaalruimte duidelijk een diastolisch geruisch waar-

Fig. 26.



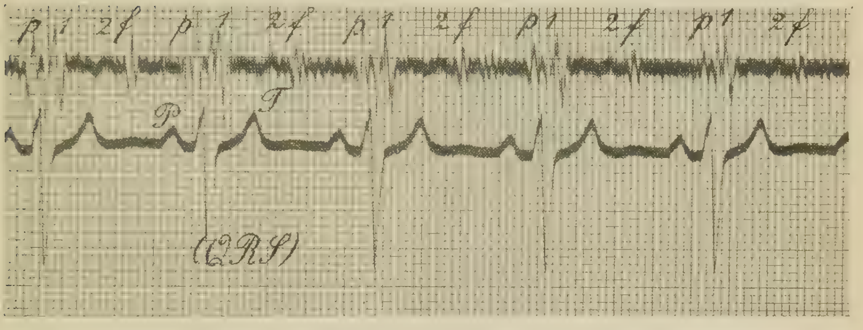
K. L. — Aortatonen en E. K. G. bij afl. II. Diastol. geruisch versmolten met 2en toon. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

neembaar, maar bij oppervlakkige beschouwing van het cardiophonogram ondervonden wij aanvankelijk een teleurstelling: het geruisch scheen niet in de kromme te voorschijn te komen. Evenwel wanneer men den tweeden toon van dezen patient met normale tweede tonen vergelijkt, valt het toch niet moeilijk, een onderscheid te constateeren.

Het karakter van dezen tweeden aortatoon is eenigszins vergelijkbaar met dat van den eersten punttoon van fig. 24 uit het vorige hoofdstuk. Hij is door lang aanhoudende trillingen van vrij constante amplitude gekenmerkt, en wij moeten wel aannemen, dat het diastolisch geruisch hier zóó vroeg intreedt, dat het als het ware met den tweeden toon is versmolten. Dat de R-toppen van het E. K. G. even boven de kromme der hartstonen uitsteken, is een technische onvolkomenheid, die evenwel aan de duidelijkheid der figuur geen afbreuk doet.

Van een anderen patient met meer uitgesproken insufficientie der aortakleppen verkregen wij krommen van een eenigszins ander aanzien. In fig. 27 zijn zijn punttonen en E. K. G. bij afleiding II afgebeeld. Wij

Fig. 27.



d. D. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Praesystolische toon en diastolisch geruisch. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

merken op, dat de *QRS*-groep benedenwaarts is gericht. Bij afleiding III is deze groep nog belangrijk sterker negatief, hetgeen op de aanwezigheid van een hypertrophie van het linker hart wijst, die zich als gevolg der aorta-insufficientie heeft ontwikkeld.

Auscultatorisch was behalve een diastolisch geruisch nog een verdubbeling van den eersten toon waarneembaar. Van beide verschijnselen, die door het cardiophonogram in beeld worden gebracht, is het laatst genoemde een afzonderlijke bespreking waard.

Wanneer men de tijdsverhoudingen in de figuren nauwkeurig nagaat, kan men constateeren, dat de schijnbaar verdubbelde eerste toon uit een praesystolischen toon *p* en den werkelijken eersten toon *1* is samengesteld.

Het is duidelijk zichtbaar, dat de trillingen, die wij in de figuur met *p* hebben aangegeven, vóór het begin van het kamer-E. G., d. i. ook vóór het begin der systole te voorschijn komen. Zij kunnen dus onmogelijk deel uitmaken van een systolischen toon of een systolisch geruisch. Steunt men alleen op het auscultatorisch onderzoek, dan wordt men noodwendig tot de valsche conclusie geleid, dat de schijnbaar verdubbelde toon in zijn geheel van systolischen oorsprong zou zijn, en de hulp van de geregistreerde krommen is hier noodig om de gewenschte opheldering te geven.

Is het feit eenmaal vastgesteld, dat wij hier naast de gewone diastolische geruischen een duidelijken praesystolischen toon voor ons hebben, dan rijst nog de vraag, hoe deze laatste moet worden verklaard.

Zou de patient behalve aan een insufficientie der aortakleppen wellicht nog aan een stenose der mitralis leiden, en het praesystolisch geruisch dus een voorkamertoon kunnen zijn? Dit laatste is niet zeer waarschijnlijk, daar het geruisch eerst krachtig begint te worden, nadat de voorkamercontractie is afgeloopen, terwijl bij een werkelijke mitralis-stenosis, — zooals bijvoorbeeld in fig. 29, — het praesystolisch geruisch tegelijk met de voorkamercontractie zichtbaar is.

Wij meenen dat de volgende verklaring juister is: in een geval van aorta-insufficientie verzamelt zich tijdens de diastole een abnormaal groote hoeveelheid bloed in de linker kamer. Het bloed stroomt nl. van twee kanten, zoowel door de insufficiente aortakleppen als langs de valvula mitralis toe. En vooral nadat de voorkamer zich heeft samengetrokken en de kamer op het punt staat in een nieuwe systole over te gaan, is zij zoo vol, dat haar wanden eenigszins gespannen kunnen zijn, en de mitraliskleppen zich bijna gaan sluiten.

Toch blijft de verdere toestrooming van bloed door de insufficiente aortakleppen doorgaan. Indien door de een of andere oorzaak, bijvoorbeeld door vagusprikkeling, het tot stand komen der systole werd tegengehouden, zou de kamervulling zelfs een zoodanige hoogte bereiken, dat de druk in de linker kamer gelijk aan den druk in de aorta zou worden. Maar voordat dit plaats kan hebben, zal de kamerspier in den regel reeds in contractie komen.

De verhooging van den druk even vóór de kamercontractie zou de valvula mitralis in trilling kunnen brengen en aldus den praesystolischen toon kunnen veroorzaken. Zoo wordt het ook begrijpelijk, dat deze praesystolische toon auscultatorisch met het eerste deel van een verdubbelden systolischen toon wordt verward. Want beide deelen van het geluid worden door trillingen van dezelfde klapvliezen teweeg gebracht.

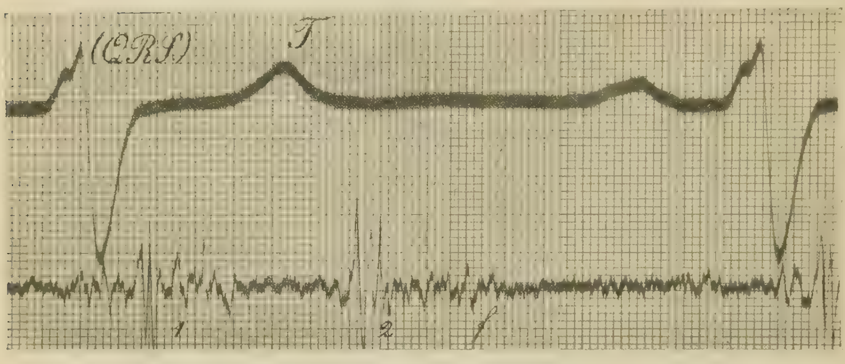
De verdere diastolische geruischen in de figuur hangen waarschijnlijk samen met de golven van den bloedsdruk in de aorta en zijn op eigenaardige wijze afwisselend sterker en zwakker over de diastole verdeeld: de trillingen met de grootste amplitude hebben wij met een *f* gemerkt. Deze komen onmiddellijk na den tweeden toon te voorschijn, die zelf slechts zwak is.

In fig. 28 geven wij van denzelfden patient de aortatonen weer, genomen op een gevoelige plaat, die met een snelheid van 100 mM. per sec. werd voortbewogen. Het E. K. G. is bij afleiding II geregistreerd. De praesystolische toon is hier niet zichtbaar, maar het gewone diastolische geruisch komt weder te voorschijn bij het begin der diastole en wel onmiddellijk volgende op den tweeden toon.

Bestaat er een stenosis van de valvula mitralis, dan moeten wij de ontwikkeling van het diastolisch geruisch

vooral aan het einde der diastole en wel tijdens de voorkamercontractie verwachten: wij verkrijgen dan het

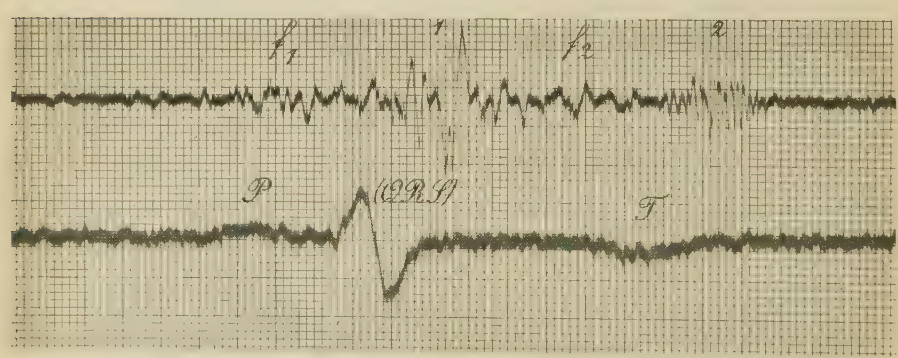
Fig. 28.



d. D. — Aortatonen en E. K. G. bij afl. II. Diastolisch geruisch. Absc. 1 schaald. = 0.01 sec.

gewone praesystolische geruisch en geven daarvan een voorbeeld in fig. 29.

Fig. 29.



d. G. S. — Pulmonaaltonen en É. K. G. bij afl. II. f_1 diastolisch, f_2 systolisch geruisch. Absc. 1 schaald. = 0.01 sec.

De gevoelige plaat had een snelheid van 100 mM. per

sec. en het E. K. G. is opgenomen bij afleiding II. Tegelijk met de voorkamercontractie, d. i. even voor het begin der kamersystole, komt bij f_1 het diastolisch geruisch te voorschijn

Er was bij deze patiente ook een systolisch geruisch hoorbaar. Dit vindt bij f_2 zijn graphische afbeelding.

VII. Cardiophonographie bij voorkamerfibrillatie.

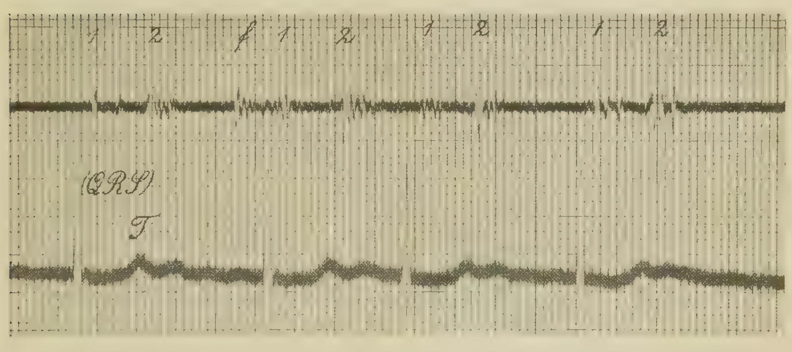
Men heeft de afwijking, die met „voorkamerfibrillatie” wordt aangeduid, eerst door de toepassing der electrocardiographie leeren kennen. Vroeger werden de verschijnselen, die patienten met voorkamerfibrillatie vertoonden, verkeerd opgevat. De steeds daarbij voorkomende onregelmatige pols gaf aanleiding om alle patienten met een blijvenden pulsus irregularis onder één groep te vereenigen. Thans kan men de door extrasystole's veroorzaakte onregelmatigheid gemakkelijk van die door voorkamerfibrillatie onderscheiden, terwijl ook van de zoogenaamde sinus-onregelmatigheid de geheel andere oorsprong gemakkelijk blijkt.

De patienten met voorkamerfibrillatie leveren een zoo eigenaardig beeld op, dat het wel wenschelijk is, hun cardiophonogrammen afzonderlijk te bespreken.

Merkwaardig is in de eerste plaats het sterk variabele karakter hunner hartstonen, dat reeds door Lewis in het licht is gesteld. In fig. 30 zijn de aortatonen en het E. K. G. bij afleiding II van een patiente met voorkamerfibrillatie afgebeeld. De golvingen in de kromme van het E. K. G. en het ontbreken van een *P*-top op de plaats waar deze in normale omstandigheden steeds aanwezig is, stellen de diagnose van voorkamerfibrillatie buiten twijfel.

Let men op den vorm der tonen, dan valt het op, dat deze sterk varieeren. Elk der vier afgebeelde eerste tonen heeft een ander karakter: zoowel de duur als de

Fig. 30.



v. d. L. — Voorkamerfibrillatie. Aortatonen en E. K. G. bij afl. II.
Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

amplitude en de frequentie der trillingen bieden telkens groote verschillen aan. Ook de tweede tonen zijn aan elkaar ongelijk. Men lette in het bijzonder op den laatst afgebeelden tweeden toon, die een sterk uitgesproken verdubbeling vertoont. Het is bij de voorkamerfibrillatie met de tonen gesteld als met den pols: beide zijn „irregularis et inaequalis".

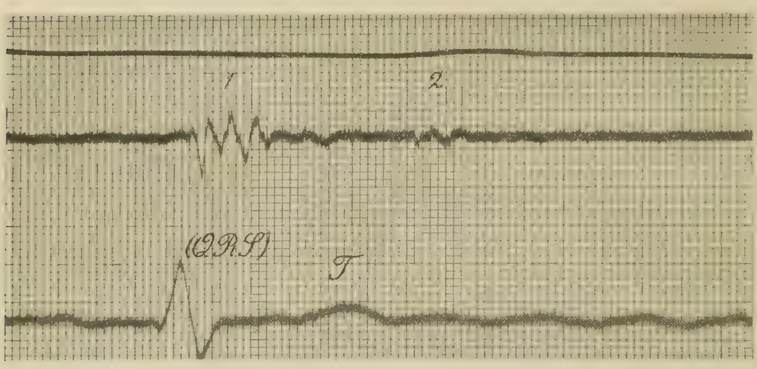
Tenslotte maken wij nog opmerkzaam op een praesystolisch geruisch, dat bij de patiente nu en dan zichtbaar wordt en dat in de figuur met *f* is aangeduid.

Een ander voorbeeld ter demonstratie van de groote variabiliteit in het karakter der hartstonen bij voorkamerfibrillatie ziet men in de figuren 31 en 32.

Beide geven stukken van een zelfde gevoelige plaat weer, waarop nog slechts één systole voorkomt, die

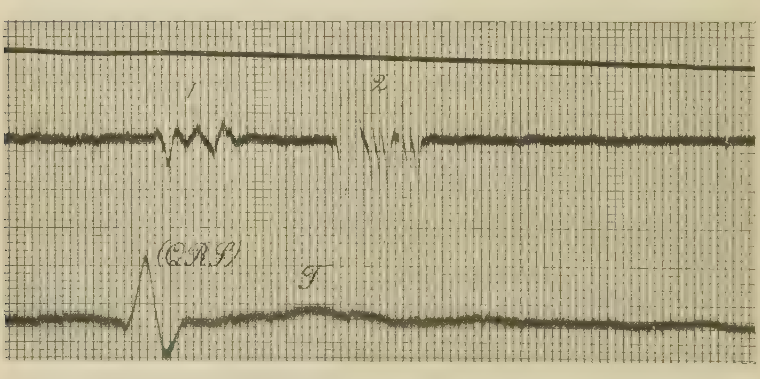
tusschen de systole's der beide gereproduceerde stukken in is gelegen. De eerste toon van fig. 31 biedt reeds

Fig. 31.



v. E. — Voorkamerfibrillatie. Punttonen en E. K. G. bij afl. II.
Absc. 1 schaald. = 0.01 sec.

Fig. 32.



Een ander stuk uit hetzelfde photogram als fig. 31.

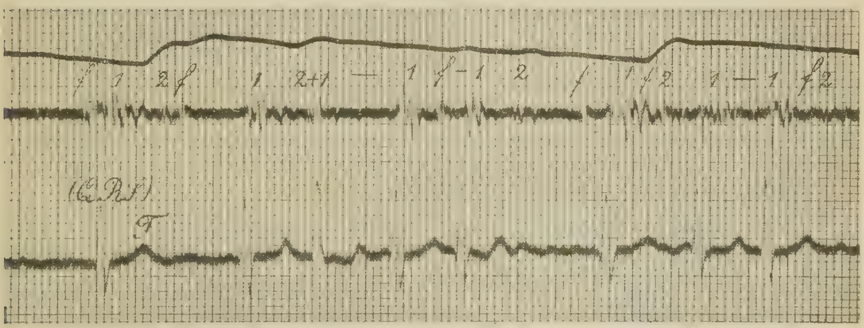
een duidelijk verschil aan met den eersten toon van fig. 32. maar het verschil in karakter der beide tweede tonen is onvergelijkelijk veel grooter. De amplitude, de

duur en de frequentie der trillingen zijn geheel anders en bovendien is de tweede toon in fig. 32 gespleten.

Rekent men, dat de systole begint bij het begin van het kamer-E. G., dan treedt de tweede toon in fig. 31 0.34 sec. na het begin van de systole op, in fig. 32 daarentegen 0.28 sec. Men kan deze uitkomst ook zoo uitdrukken, dat bij voorkamerfibrillatie de duur der systole's zeer variabel is en nu eens 0.34 sec., dan weer 0.28 sec. bedraagt, hetgeen alweder daartoe medewerkt de onregelmatigheid der hartswerking bij deze aandoening te vergrooten.

Ten slotte reproduceeren wij in fig. 33 van denzelfden patient de punttonen en het E. K. G. bij een snelheid der gevoelige plaat van 25 mM. per sec. De ongelijkheid in het karakter der tonen komt ook in deze

Fig 33.



v. E. — Voorkamerfibrillatie. Punttonen en E. K. G bij afl. II.
Absc. 1 schaald = 0.04 sec.

figuur zeer goed voor den dag, maar de bedoeling, waarmede wij haar weergeven, is toch niet in hoofdzaak de demonstratie van dit verschijnsel. Wij wenschen

meer de aandacht te vestigen op het voorkomen van de extra-tonen of geruischen, die met *f* zijn aangegeven, — op de onregelmatigheid in de tijden, waarop de tonen worden voortgebracht, — op het wegblijven van een tweeden toon op de plaatsen, die door een —— zijn gekenmerkt, en eindelijk op het nu en dan versmelten van den tweeden toon eener voorgaande contractie met den eersten toon der volgende. Wij hebben hier weder evenals in de figuren 20 en 21 van hoofdstuk IV een doolhof van tonen, waarin naar alle waarschijnlijkheid ook de meest ervaren klinikus den weg niet zal vinden, indien hij verzuimt van cardiophonographische methoden gebruik te maken.

In de figuren van hoofdstuk IV was de oorzaak der onregelmatigheid gelegen in het optreden van extra-systole's in den vorm van atypische hartscontracties. In dit hoofdstuk wordt deze in hoofdzaak door voorkamer-fibrillatie teweeg gebracht. De oorzaak der onregelmatigheid is hier dus anders, maar de graad van onregelmatigheid is niet geringer. Bovendien komt bij deze patient v. E. nu en dan een atypische hartscontractie het beeld der kromme nog compliceeren. De atypische contractie, die in de figuur voorkomt, en boven welke de versmelting van twee tonen met 2 + 1 is aangegeven, is van een tusschensoort.

De kromme, die boven het cardiophonogram is afgeteekend, geeft den pols der A. brachialis aan en is opgenomen met behulp van een manchet om den bovenarm. Merkwaardig zijn de anakrotische verheffingen in de eerst afgebeelde polsgolf. De atypische hartscontractie en de beide daarop volgende systole's veroorzaken elk van drieën een kleinen, nauw merkbaren pols. Dan

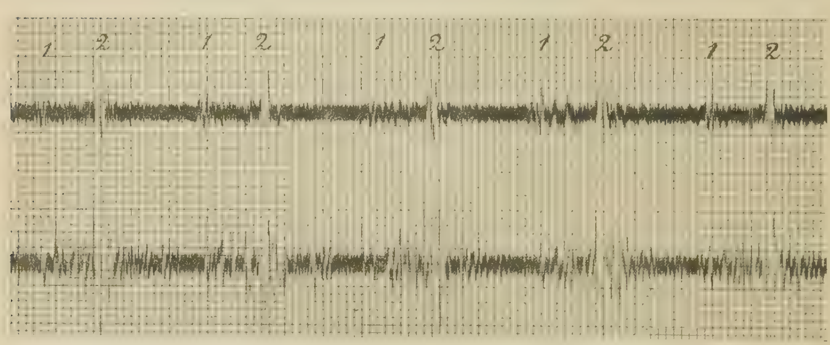
volgt weder een groote pols, die door de eerste der laatste drie systole's wordt teweeg gebracht, terwijl de laatste beide systole's zoo goed als zonder pols tot stand komen. De onregelmatigheid in den pols is hier even opvallend als die in het E. K. G. en het cardiophonogram.

VIII. De gelijktijdige registreering van twee cardiophonogrammen.

Zooals reeds vroeger werd vermeld, hebben wij in enkele gevallen met den eenen galvanometer de tonen van een bepaald punt van de regio cordis geregistreerd, terwijl de andere galvanometer tegelijkertijd dienst deed, om de tonen van een andere plaats der regio cordis op te schrijven.

In fig. 34 wordt een voorbeeld gereproduceerd van gelijktijdige registratie van aortatonen en pulmonaaltonen.

Fig. 34.



Blo. — Systolisch geruisch. Bovenste kromme, aortatonen; onderste kromme, pulmonaaltonen. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

De proefpersoon is een jonge man van 20 jaar Blo., die volgens de diagnose, zooals wij die op grond van

het gewone klinische onderzoek meenen te moeten stellen, geen organisch hartsgebrek heeft. Ook zijn E. K. G., die bij de drie gebruikelijke afleidingen zijn opgenomen, wijken niet van de norm af.

Het auscultatorisch onderzoek leert, dat de beide punttonen zuiver zijn; de tweede arterietonen eveneens, maar de eerste arterietonen zijn door geruischen onzuiver gemaakt. De eerste aortatoon is duidelijk hoorbaar, maar laat een zwak geruisch naklinken. De eerste pulmonaaltoon is door een vrij zacht maar lang aanhoudend geruisch vervangen. Wij meenen deze systolische geruischen tot de zoogenaamde anorganische te moeten rekenen, die dus niet door een klapvliesgebrek worden veroorzaakt.

De kromme van fig. 34 is, nog afgezien van de intensiteit van het geluid, slechts gedeeltelijk in overeenstemming met de auscultatorische bevindingen. De bovenste kromme geeft de aortatonen weer. Men ziet hier duidelijk den eersten en tweeden toon aangegeven, terwijl het ook tusschen de beide tonen in hoorbare systolische geruisch goed zichtbaar is. De pulmonaaltonen, die door de onderste van beide krommen worden voorgesteld, komen zooals het auscultatorisch onderzoek wel deed vermoeden, niet of nauwelijks afzonderlijk te voorschijn. Hier overweegt het systolisch geruisch zoo sterk, dat in de meeste gevallen, zoowel de eerste als de tweede toon er in schijnen op te gaan. Merkwaardig is het duidelijk zichtbare diastolisch geruisch, dat bij auscultatorisch onderzoek niet gehoord werd.

Van beide arteries is de tweede toon belangrijk sterker dan de eerste. Bij de pulmonaaltonen wordt hierdoor de indruk gewekt, dat het geluid aanzwelt.

Wij hadden oorspronkelijk het plan, om door het gelijktijdig registreeren van twee seriën van tonen op

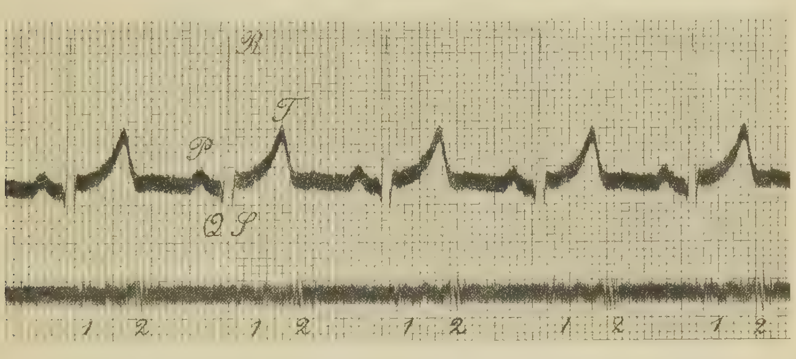
eenvoudige wijze haar onderlinge tijdsverhoudingen te bestudeeren. Bijvoorbeeld kan op deze wijze de vraag, of de eerste punttoon vóór den eersten arterietoon ontstaat en zoo ja, hoeveel hij daaraan voorafgaat, met behulp van slechts een enkel photogram worden beantwoord, terwijl daarvoor twee photogrammen noodig zijn, wanneer men van de combinatie van cardiophonogram en E. K. G. gebruik maakt. Maar het voordeel, dat in het geringer aantal der benoodigde photographische opnamen gelegen is, is niet groot. Zijn de toestellen eenmaal voor het gebruik gereed gemaakt, dan kunnen gemakkelijk een groot aantal opnamen snel na elkaar worden gemaakt. En schrijft men eerst het E. K. G. met de punttonen, daarna hetzelfde E. K. G. met de aorta- of pulmonalistonen, dan kan men zijn metingen belangrijk nauwkeuriger verrichten, daar het E. K. G. wel het voortreffelijkste hulpmiddel voor een nauwkeurige tijdsbepaling van de phasen eener hartsperiode mag worden genoemd.

Neemt men bij de beoordeeling van het juiste tijdstip, waarop een toon begint, een anderen toon tot vergelijkingsbasis, dan ondervindt men herhaaldelijk bezwaren, die veroorzaakt worden door het inconstante karakter der tonen. Voor eenigszins nauwkeurige tijdmetingen is, zooals wel vanzelf spreekt, een constante vergelijkingsbasis een hoofdzaak en deze wordt door het E. K. G. zoo afdoende, als door geen andere kromme opgeleverd.

Tot meerdere bevestiging van het bovenstaande worden van denzelfden proefpersoon in de onderstaande figuren 35 en 36 de aortatonen en de pulmonalistonen, elk met het E. K. G. bij afleiding II afgebeeld. Men ziet uit fig. 35. dat de eerste aortatoon tegelijk begint met top S, terwijl uit fig. 36 niet zoo gemakkelijk en zeker het juiste tijdstip van het begin van den eersten pulmonaaltoon valt op te maken.

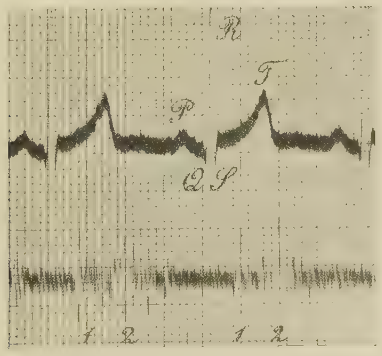
De groote trillingen van het pulmonaalgeruisch beginnen een paar millimeters, d. i. 0.08 sec. later dan top *S*, zij moeten dus ook evenveel later beginnen dan de trillingen van den eersten aortatoon. De kleinere trillingen, waarmede

Fig. 35.



B l o. — Aortatonen en E. K. G. bij afl. II. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

Fig. 36.



B l o. — Pulmonalistonen en E. K. G. bij afl. II.
Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

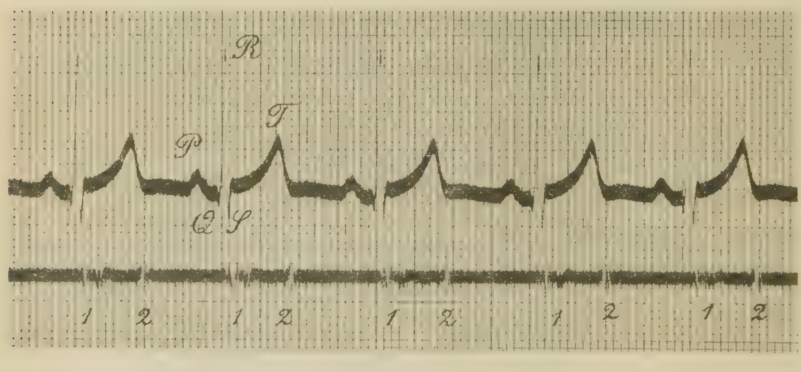
het pulmonaalgeruisch begint, kunnen niet of nauwelijks worden opgemerkt, daar de snaar ook in de hartspauzen bewegingen uitvoert. Deze worden hetzij door adem-

geruischen hetzij door andere geruischen, die in de tweede intercostaalruimte voorkomen, veroorzaakt en bemoeilijken de beoordeeling van het eigenlijke systolische pulmonaal-geruisch in hooge mate.

Hoewel in fig. 34 de kleine trillingen van het pulmonaal-geruisch beter voor den dag komen dan in fig. 36, kan toch ook in de eerstgenoemde figuur het geluid wegens zijn groote variabiliteit en wegens den onrust van den snaarstand in de hartspauzen moeielijk worden beoordeeld. Onder deze omstandigheden stelt men het E. K. G. als vaste vergelijkingsbasis zooveel te meer op prijs.

Ter completeering van het cardiophonographische beeld van den proefpersoon reproduceeren wij in de onderstaande fig. 37 zijn punttonen tezamen met het E. K. G. bij

Fig. 37.



B l o. — Punttonen en E. K. G. bij afl. II. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

afleiding II. De aanvangstrillingen van den eersten toon beginnen kort na het begin van top *R*, de hoofdtrillingen vangen bij het begin van top *S* aan, terwijl de natrillingen, die zonder veel moeite van den eigenlijken toon kunnen worden onderscheiden, den geheelen duur van het geluid met ongeveer 0.07 of 0.08 sec. verlengen.

IX. Slotbeschouwingen.

Aan het slot van ons proefschrift schijnt het ons niet overbodig toe, nogmaals te wijzen op het groote nut, dat de gelijktijdige registratie van hartstonen en E. K. G. heeft voor de beoordeeling van de hartswerking. Wij hebben het E. K. G. reeds een vaste vergelijkingsbasis genoemd, die beter dan elke andere in staat is om de verschillende phasen eener hartsperiode met zekerheid en nauwkeurigheid aan te geven. Het komt ons voor, dat dit vooral bij de klinische toepassing der cardiophonographie van beteekenis is.

Indien men met een volkomen regelmatige hartswerking te doen heeft, de tonen zuiver klinken en de cardiophonographisch verkregen krommen scherp begrensde. voor gelijknamige tonen zoo goed als gelijkvormige beelden doen zien, heeft men geen E. K G. als vergelijkingsbasis noodig. Onder deze omstandigheden geven de hartstonen zelve reeds in voldoende mate de phasen der hartsperiode aan.

Maar in andere gevallen, zooals die in de kliniek veelvuldig voorkomen, kan men het E. K. G. moeilijk missen. Zoo bijvoorbeeld, wanneer de hartswerking onregelmatig is, wanneer het karakter der hartstonen telkens varieert, wanneer de tonen of de geruischen niet scherp begrensd worden geregistreerd of wanneer zij door toevallige geluiden onzuiver worden gemaakt.

In al zoodanige gevallen komt de groote beteekenis van een vaste vergelijkingsbasis tot haar recht.

In het algemeen gesproken mag men wel zeggen, dat de cardiophonographie de resultaten, die door de auscultatie worden verkregen, objectief vastlegt. Reeds hierdoor op zich zelf wordt soms een nieuw licht geworpen op de acustische verschijnselen van het hart. Immers laat het enkele subjectieve onderzoek den waarnemer dikwijls in twijfel. Zeer ervaren klinici, die gewoon zijn den stethoscoop te hanteeren, oordeelen niet zelden verschillend over het resultaat van hun onderzoek, terwijl daarentegen hun meeningsverschillen cardiophonographisch gemakkelijk en met beslistheid kunnen worden opgelost.

Een belangrijk punt, waarop niet genoeg de aandacht kan worden gevestigd, is de vraag naar de meerdere of mindere getrouwheid, waarmede het cardiophonogram in staat is, een beeld te geven van den hartstoon of het hartsgeruisch. Bij de beantwoording van deze vraag moeten wij twee zaken scherp uit elkander houden: eenerzijds de objectieve trillingen, die ons oor bereiken en de onmiddellijke oorzaak onzer geluidsgewaarwording zijn, en anderzijds die geluidsgewaarwording zelve. De snaargalvanometrische inrichting kan hoogstens, zelfs wanneer zij aan ideaal gestelde eischen voldoet, een getrouw beeld der objectieve trillingen ontwerpen. Een getrouw beeld onzer geluidsgewaarwording zal wel zeer moeilijk worden verkregen.

Immers verandert de gewaarwording, die wij van een zelfde samenstel van objectieve geluiden ontvangen, al naar gelang wij onze aandacht meer aan het eene of andere deel wijden. Evenals de waarnemer de klanken van een willekeurig muziekinstrument uit een orchest

afzonderlijk kan volgen, wanneer hij zijn aandacht op dat instrument concentreert, zoo hoort hij ook een bepaald onderdeel van de hartsgeruischen duidelijk op den voorgrond treden, zoodra hij met opmerkzaamheid naar dat onderdeel luistert. Toevallige nevengeruischen hinderen daarbij weinig of niet, wanneer zij slechts niet overmatig sterk zijn.

De eigenschap, om als het ware te kunnen uitkiezen, wat men wèl en wat men niet wenscht te hooren, is in zeker opzicht een groot voordeel voor den waarnemer, die ausculteert, een voordeel, dat bij cardiophonographisch onderzoek verloren gaat. Het cardiophonogram geeft alle geluidstrillingen, ook die men als hinderlijk liefst zou wenschen uit te wisschen, getrouw weer. Het graphische beeld wordt daardoor minder sprekend en soms moeilijk te begrijpen.

In één opzicht kan de galvanometer aan de eischen van het menschelijk oor te gemoet komen en wel kan de snaarspanning zóó geregeld worden, dat de eigen periode der snaar overeenkomt met de trillingsperiode, waarvoor het oor het gevoeligst is. Onder deze omstandigheden zal het geluid, dat voor ons oor het luidst klinkt, ook door snaartrillingen van de grootste amplitude worden afgebeeld. Schiet de snaarspanning voor dit doel te kort, dan zullen niet alleen de geluidsgewaarwordingen slecht worden weergegeven, maar zooals reeds in hoofdstuk II is uiteengezet, ook de objectief aanwezige frequente trillingen. Deze zullen dan met te geringe amplitude worden afgebeeld.

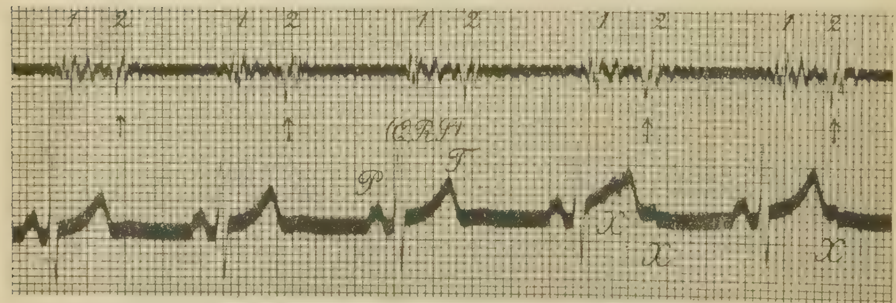
Wij wezen reeds op verschillende plaatsen in de voorgaande hoofdstukken eenerzijds op gemakkelijk hoorbare geruischen, die cardiophonographisch slechts moeilijk zichtbaar konden worden gemaakt, terwijl andererzijds

soms geluiden regelmatig in bepaalde phasen der hartsperiode duidelijk zichtbaar werden, ofschoon zij door het luisterende oor niet konden worden gehoord.

Na onze bovenstaande uiteenzetting behoeven wij niet nader op de verklaring van deze incongruentie tusschen geluidsgewaarwording en cardiophonogram terug te komen. Liever wenschen wij er op te wijzen, dat men zich deze incongruentie vooral niet overdreven moet voorstellen. De talrijke in de voorgaande hoofdstukken gereproduceerde figuren bewijzen voldoende, dat in den regel en in hoofdzaak de congruentie bevredigend mag worden genoemd.

Wij veroorloven ons hier ten slotte nog een treffend voorbeeld van deze congruentie te reproduceeren. Bij den proefpersoon d. N. werd met den stethoscoop een duidelijk gespleten tweede pulmonaaltoon gehoord, zooals deze trouwens bij normale harten zeer dikwijls wordt waargenomen. Men ziet in de onderstaande fig. 38 den bedoelden toon cardiophonographisch afgebeeld. De be-

Fig. 38.



d. N. — Pulmonaaltonen en E. K. G. bij afl. II. Gespleten 2e toon. Absc. 1 schaald. = 0.04 sec.

wegingssnelheid der gevoelige plaat is 25 mM. per sec.

en het E. K. G. is verkregen bij afleiding II. Terloops zij vermeld dat eenige kleine haken, die in de T-toppen van het E. K. G. voorkomen, en die met x zijn aangewezen geen beteekenis hebben. Zij zijn veroorzaakt door een technische fout: tijdens het registreeren werd nl. bij vergissing met de compensatie-inrichting gewerkt, met het gevolg, dat nu en dan plotseling de compensatie met 0.1 millivolt werd vergroot of verkleind. Deze kunstfout verhindert gelukkig niet, dat aan de bedoeling, waarmede de figuur wordt gereproduceerd, wordt voldaan.

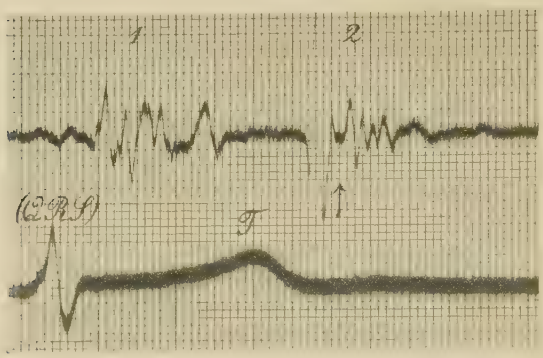
Bij nauwkeurig toezien bemerkt men, dat de tweede pulmonaaltoon uit twee deelen bestaat, die door een zeer korte pauze van elkaar zijn gescheiden. De bedoelde pauze, die wij in de figuur telkens met een pijl hebben aangegeven, duurt ongeveer een vierde schaaldeel, overeenkomende met een tijd van 0.01 seconde. In het derde paar in de figuur afgebeelde tonen is de pauze niet of nauwelijks aanwezig, hetgeen bewijst dat in een reeks van gespleten tweede pulmonaaltonen de splijting niet bij alle even duidelijk is.

Er is geen groote ervaring noodig om de pauze te kunnen opmerken. Een vergelijking met de andere in dit proefschrift gereproduceerde figuren kan allen twijfel, die wellicht dienaangaande nog zou kunnen bestaan, gemakkelijk wegnemen. Men lette ook op de figuren 17 en 21 uit hoofdstuk IV en fig. 32 uit hoofdstuk VII, waar eveneens gespleten tonen zijn afgebeeld.

In fig. 39 ziet men het E. K. G. en de pulmonaaltonen van denzelfden persoon van fig. 38 afgebeeld, maar nu opgenomen op een gevoelige plaat, die met viermaal grootere snelheid, 100 mM. per sec., werd voortbewogen. De plaats van de pauze in den tweeden pulmonaaltoon

is weder met een pijl aangegeven, en haar duur is hier ongeveer één schaaldeel, d. i. dus weder 0.01 sec.

Fig 39.



Absc. 1 schaald. = 0.01 sec. Overigens als fig. 38.

Men zou wellicht kunnen meenen, dat het ideaal der cardiophonographie was bereikt, als zij uitkomsten opleverde, die zonder uitzondering met het auscultatorisch onderzoek overeenkwamen. Wij gelooven evenwel niet, dat een zoodanig resultaat het einddoel van de techniek der hartstoonregistratie moet zijn. Het is wel is waar in zeker opzicht een voordeel van het luisterende oor, dat het in staat is, die onderdeelen van een samengesteld geluid, waarop de aandacht van den waarnemer gevestigd is, beter te onderscheiden; maar het mag niet worden vergeten, dat deze zelfde eigenschap tegelijk een groot nadeel in zich sluit. Terwijl het oor sommige geluiden op den voorgrond kan laten treden, moet het uit den aard der zaak geneigd zijn, andere te verwaarloozen. Dit laatste geschiedt door den galvanometer niet, en vooral onhoorbare, minder frequente trillingen, worden door dit instrument nauwkeurig afgebeeld. In

dit opzicht geeft de cardiophonographie meer, dan het beste auscultatorisch onderzoek ooit zou kunnen opleveren.

Wij behoeven nauwelijks te betoogen, dat wij in de kliniek niet de eene methode door de andere wenschen te vervangen. Heeft elk van beide methoden haar bepaalde voordeelen, dan dient ook elk van beide te worden toegepast. De resultaten, die langs den eenen weg kunnen worden verkregen, moeten langs den anderen worden aangevuld.

STELLINGEN.

STELLINGEN.

I.

Zonder gebruik te maken van de cardiophonographie en de electrocardiographie is het in vele gevallen van onregelmatige hartswerking onmogelijk, om in den doolhof der hartstonen den weg te vinden ter juiste waardeering der hartsactie.

II.

Zekerder en nauwkeuriger dan door elke andere kromme worden door het E. K. G. de verschillende phasen eener hartsperiode aangegeven.

III.

Een psychisch trauma kan de oorzaak zijn van een ulcus ventriculi.

IV.

De beriberi is niet een specifiek tropische ziekte.

V.

De atrophia papillae n. optici bij den torenschedel staat niet in verband met den hersendruk.

VI.

De erfelijke dispositie tot de manisch-depressieve psychose sluit geen dementia praecox uit.

VII.

Een exploratieve laminectomie is geindiceerd bij een waarschijnlijkheidsdiagnose van medullaire compressie.

VIII.

Het gif, dat de ecclampsie veroorzaakt, wordt in de placenta zelf gevormd.

IX.

De hypophyse-praeparaten verdienen de voorkeur boven de secale-praeparaten als weëen versterkende middelen.

X.

De histo-pathologische veranderingen, die in het centrale zenuwstelsel na aanwending van hooge temperaturen worden gevonden, kunnen niet als vergelijkingsbasis dienen voor veranderingen, die men vindt bij koortstoestanden.

XI.

Voor een niet volkomen geoefenden onderzoeker is de telluurplaat van Conradi—Troch te verkiezen boven de plaat van Löffler om diphtherie-bacillen aan te toonen.

XII.

De nucleus ambiguus is de directe voortzetting der voorhoorncellen in de medulla oblongata en moet beschouwd worden als de kern der dwarsgestreepte spieren, die verzorgd worden door de IX, X en XI hersenzenuw.

XIII.

Bij een totaal-exstirpatie der tonsillen passe men de extracapsulaire methode van Trautmann toe.

XIV.

Het vinden der spirochaeta pallida in het centrale zenuwstelsel bij dementia paralytica en tabes dorsalis brengt ons niet nader tot de pathogenese dezer beide ziekten.

XV.

De secundaire geslachtskenmerken zijn niet als onveranderlijk ab ovo bepaald.